

Міністерство освіти та науки України
Рівненський державний гуманітарний університет
Психолого-природничий факультет
Кафедра екології, географії та туризму

«До захисту допущено»
Завідувач кафедри

_____ Лико Д.В.
(підпис) (ініціали, прізвище)

“16” грудня 2020 р.

Пояснювальна записка
до кваліфікаційної роботи магістра

зі спеціальності 014 Середня освіта (Географія)
(код і назва)

**на тему: «Гідроенергетичний потенціал річок
Карпатського регіону України»**

Виконав: студент ІІ курсу, групи МГ-61

Окуневич Дмитро Ярославович
(прізвище, ім'я, по батькові)

_____ (підпис)

Керівник доцент кафедри екології, географії та туризму,
кандидат біологічних наук Суходольська І.Л.

_____ (підпис)

Рецензент кандидат географічних наук, доцент кафедри
географії і туризму Міжнародного економіко-гуманітарного
університету ім. акад. С. Дем'янчука Басюк Т.О.

Засвідчую, що кваліфікаційна робота містить результати власних досліджень.
Використання ідей, результатів і текстів інших авторів мають посилання на
відповідне джерело

Студент _____
(підпис)

Оцінка за результатами захисту:

Національна шкала _____

Кількість балів: _____

Оцінка: ЄКТС _____

Рівне – 2020 року

ЗМІСТ

ВСТУП	3
РОЗДІЛ 1. ТЕОРЕТИЧНІ ОСНОВИ ГІДРОЕНЕРГЕТИЧНОГО ПОТЕНЦІАЛУ РІЧОК КАРПАТСЬКОГО РЕГІОНУ УКРАЇНИ	5
1.1. Загальна характеристика гідроенергетичного потенціалу річок України.....	5
1.2. Аналіз досліджень гідроенергетичних ресурсів річок Карпатського регіону України.....	12
1.3. Чинники зниження гідроенергетичного потенціалу річок.....	14
РОЗДІЛ 2. МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕННЯ	23
2.1. Об'єкти дослідження.....	23
2.2. Методика визначення гідроенергетичного потенціалу річок.....	25
РОЗДІЛ 3. СТАН ГІДРОЕНЕРГЕТИКИ КАРПАТСЬКОГО РЕГІОНУ УКРАЇНИ	30
3.1. Показники загального гідроенергетичного потенціалу річок Карпатського регіону України.....	30
3.2. Визначення гідроенергетичного потенціалу річок Карпатського регіону.....	35
3.3. Наслідки використання гідроенергетичного потенціалу та його вплив на довкілля.....	41
3.4. Застосування підходів ЄС щодо збереження гідроенергетичного потенціалу річок.....	41
РОЗДІЛ 4. ВИВЧЕННЯ ПОНЯТЬ «ГІДРОЕНЕРГЕТИКА» ТА «ГІДРОЕНЕРГЕТИЧНИЙ ПОТЕНЦІАЛ» В ЗАКЛАДАХ СЕРЕДНЬОЇ ОСВІТИ	47
4.1. Основні підходи до вивчення гідроенергетики та гідроенергетичного потенціалу на уроках географії.....	47
4.2. Особливості використання методів та прийомів при вивченні гідроенергетичного потенціалу річок України в закладах середньої освіти.....	48
4.3. Аналіз зарубіжного досвіду закладів освіти при вивченні гідроенергетики.....	50
ВИСНОВКИ	55
СПИСОК ВИРОСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	56
ДОДАТКИ	60

ВСТУП

Актуальність дослідження. Розвиток енергетики має вирішальний вплив на стан економіки в державі та рівень життя населення. Саме тому надійне, економічно обґрунтоване й екологічно безпечне задоволення потреб населення й економіки в енергетичних продуктах є пріоритетним завданням енергетичної політики держави.

Гідроенергетика займає хоч і не провідне, але значиме місце в енергетичному комплексі світу. Багато країн використовують водні ресурси для задоволення своїх енергетичних потреб. Відновлюваність ресурсів та екологічна безпечність є головними критеріями для розвитку гідроенергетики.

В Україні гідроенергетика, здебільшого, розвинена на великих річках, а гідроенергетичний потенціал середніх та малих використовується не в повній мірі. Тому його дослідження є важливим для подальшого розвитку енергетичного комплексу України. Важливим також є всебічне осмислення загальних питань енергозабезпечення, технологічного та еколого-економічного обґрунтування подальшого розвитку енергетики в цілому та її складових. У даному контексті гідроенергетика важлива не тільки з точки зору виробництва електричної енергії, але й цілим комплексом додаткових функцій, які забезпечують сталість функціонування енергетичної системи та економіки України.

Об'єктом дослідження є гідроенергетичний потенціал річок.

Предметом дослідження є гідроенергетичний потенціал річок Карпатського регіону.

Мета роботи полягає у аналізі фізико-географічних та суспільно-географічних аспектів гідроенергетичного потенціалу річок Карпатського регіону України.

Визначення мети роботи дає можливість сформулювати наступні *завдання*:

- визначити сутність гідроенергетичного потенціалу річок;
- надати загальну характеристику гідроенергетичного потенціалу річок України;

- зробити аналіз досліджень гідроенергетичних ресурсів річок Карпатського регіону України;
- визначити чинники зниження та підвищення гідроенергетичного потенціалу річок;
- дослідити загальний гідроенергетичний потенціал річок Карпатського регіону України та наслідки його використання;
- зазначити застосування підходів ЄС щодо збереження гідроенергетичного потенціалу річок;
- проаналізувати основні методи та підходи до вивчення гідроенергетики та гідроенергетичного потенціалу на уроках географії в Україні та світі.

Під час дослідження були використані методи аналізу і синтезу, узагальнення, порівняльно-географічний, картографічний.

При написанні магістерської роботи використано праці з питань гідроенергетики та гідроенергетичного потенціалу О. Ободовського, К. Данько, О. Почаєвець., В. Гребіня, П. Васько, А. Мороза та інших вчених.

Апробація: Суходольська І.Л., Окуневич Д.Я., Особливості використання ГІС-технологій на уроках географії // Географічна освіта у шкільних та позашкільних закладах : проблеми, пошуки, перспективи : Збірник наукових праць; за ред. проф. Д. В. Лико. Рівненський державний гуманітарний університет. Рівне: Видавець О. Зень, 2020. С. 81–84.

Структура роботи: робота складається із вступу, чотирьох розділів, висновку, списку використаних джерел та додатків.

РОЗДІЛ 1. ТЕОРЕТИКО-МЕТОДОЛОГІЧНІ ОСНОВИ ГІДРОЕНЕРГЕТИЧНОГО ПОТЕНЦІАЛУ РІЧОК

1.1 Загальна характеристика гідроенергетичного потенціалу річок України

Енергія потоків води здавна використовується людством для виконання механічної роботи. На сьогодні завдяки досяжному високому коефіцієнту корисної дії при перетворенні в електроенергію зручніше й вигідніше будувати гідроелектростанції та передавати вироблену електроенергію на будь-які відстані до споживачів.

У світі спостерігається стійка тенденція збільшення споживання електроенергії та частки гідроенергетики в електрогенерації. Згідно з прогнозами Міжнародного енергетичного агентства (МЕА) ці тенденції збережуться і в майбутньому.

В Україні також наявні передумови до збільшення споживання електроенергії, оскільки її споживання на душу населення в нашій державі майже у 2,5 рази нижче за відповідну величину у країнах – членах Організації економічного співробітництва та розвитку (ОЕСР).

Найголовнішою особливістю гідроелектростанцій, що відрізняє їх від інших джерел енергії, є використання ними природно поновлюваних гідроенергетичних ресурсів.

Водна енергія (гідроенергія) – механічна енергія води водотоку (наприклад річки) з поздовжнім ухилом (падінням), яким вода рухається під дією власної маси, а також потенційна енергія води в штучних (водоймища) або природних (озера) водоймах, розташованих на певній висоті над рівнем моря [3].

Розвиток енергетики на всіх етапах характеризується неухильним ростом потужностей ГЕС, що споруджуються, та підвищенням ефективності використання місцевих гідроенергетичних ресурсів.

ГЕС виробляє електроенергію в результаті перетворення енергії водного потоку. Ріки, спускаючись із гір і височин до морів і озер, мають постійно поновлювану природою енергію. У природних умовах ця енергія витрачається на подолання сил тертя при взаємодії потоку з руслом, на подолання порогів та інших перешкод, переміщення наносів.

Енергія річки на ГЕС перетворюється в електроенергію при створенні на виділеній ділянці річки зосередженого перепаду (напору).

У структурі водноресурсного потенціалу важливе місце посідає **гідроенергетичний потенціал** – здатність частини річкового стоку, що використовується або тієї, що може бути використана, до виробництва електроенергії за певний період [11].

Для оцінки *потенційних гідроенергетичних ресурсів* (без обліку втрат при перетворенні водної енергії в електричну) визначається **валовий гідроенергетичний потенціал**. Він характеризується середньобагаторічною потенційною енергією $E_{\text{пот}}$ і середньорічною потенційною потужністю $N_{\text{пот}}$, що розраховуються за вищенаведеними формулами.

Річна потенційна енергія, виходячи з 8760 годин використання за рік потенційної потужності, може визначатися за формулою [11].

$$E_{\text{пот}} = 8760 N_{\text{пот}} .$$

Технічний гідроенергетичний потенціал характеризує ту частину водної енергії, яку можна використати технічно.

При визначенні технічного гідроенергетичного потенціалу враховуються всі втрати, пов'язані з виробництвом електроенергії, включаючи неможливість повного використання стоку, що викликана недостатньою ємністю водоймищ і обмеженням потужності ГЕС, у зв'язку з обмеженим використанням верхових і низових ділянок річок з малою потенційною потужністю, втратами на випаровування з поверхні водоймищ та на фільтрацію з водоймищ, втратами напору й потужності в проточному тракті й енергетичному устаткуванні ГЕС.

Економічно ефективний гідроенергетичний потенціал визначає ту частину технічного потенціалу, яку в цей час економічно доцільно використовувати. Слід зазначити умовність визначення економічно ефективного потенціалу, тому що він базується на техніко-економічному порівнянні з альтернативними джерелами електроенергії, в якості яких виступають теплові електростанції, і не враховує досить повно ефективність комплексного використання водних ресурсів. Крім того, у зв'язку з ростом вартості органічного палива, а також збільшенням вартості будівництва ТЕС з урахуванням жорсткості вимог до охорони навколишнього середовища й іншим можна прогнозувати збільшення в перспективі економічно ефективного потенціалу, який буде наближатися до технічного гідроенергетичного потенціалу.

Гідроенергетичний потенціал (ГП) та його складові. Важливим концептуальним положенням є визначення терміну «гідроенергетичний потенціал» та його складових. У літературі є декілька підходів щодо цих тлумачень [11]. В своїх дослідженнях ми виділяємо 4 категорії гідроенергетичного потенціалу: загальний (природний теоретичний), екологічний, технічно можливий та економічно обґрунтований гідроенергетичний потенціал.

Україна поділяється на дві гідрологічні країни, які забезпечують розвиток гідроенергетики. Гідрологічні країни, у свою чергу, діляться на зони, області та підобласті (Додаток А) :

1. Рівнинна частина України: зона надлишкової вологості, зона надлишкової водності, зона достатньої водності, зона недостатньої водності,
2. Українські Карпати.

Україна має розвинений гідроенергетичний комплекс. Існуюча потужність великих ГЕС становить приблизно 9 % всіх генеруючих потужностей об'єднаної енергетичної системи (ОЕС) України. При цьому, існує потенціал для подальшого зростання на 15-20 % . Окремим напрямом розвитку

гідроенергетики в Україні є розвиток малої гідроенергетики на існуючих водоймищах, магістральних каналах, а також реконструкція об'єктів малої гідроенергетики, що виконують функцію із захисту прилеглих територій від повеней [31].

Укргідроенерго – провідна гідрогенеруюча компанія, що забезпечує енергетичну стабільність і безпеку України, сприяє соціальному, економічному розвитку та конкурентоспроможності держави. Серед пріоритетів компанії: енергоефективність та екологізація виробництва електроенергії, а також охорона довкілля та мінімізація впливу на навколишнє середовище.

Українська гідроенергетика сьогодні - це 6 гідроелектростанцій Державної акціонерної генеруючої компанії «Дніпрогідроенерго» (каскад Київських ГЕС і ГАЕС, Канівська, Кременчуцька, Дніпродзержинська, Дніпровська та Каховська ГЕС), а також Дністровська ГЕС у складі Державної акціонерної енергогенеруючої компанії «Дністрогідроенерго» (Додаток Б). Сумарна встановлена потужність гідроагрегатів на ГЕС цих двох компаній - 4700 МВт [31]. Більшість енергетичних об'єктів, як зазначалося вище, мають комплексне призначення, забезпечуючи, водопостачання, зрошення, покращення умов судноплавства, захист від паводків, потреби в рибному господарстві, рекреації та ін. Тому при їх проектуванні важливим і необхідним є не лише економічне, а й екологічне обґрунтування рішення про введення в роботу об'єкта.

Основні водноенергетичні показники ГЕС та ГАЕС ПрАТ «Укргідроенерго» наведено на рис 1.1. та рис. 1.2.

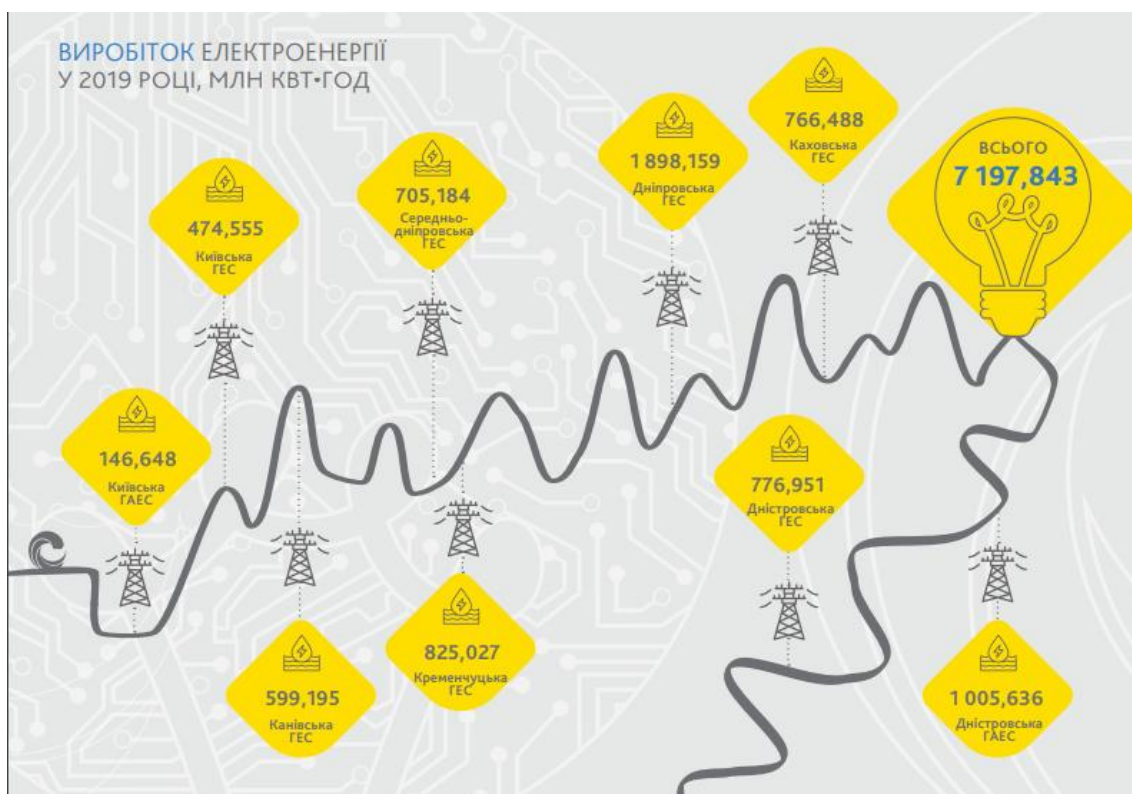


Рис. 1.1. Виробіток електроенергії гідроелектростанціями у 2019 році



Рис. 1.2. Фінансові показники виробітку електроенергії гідроелектростанціями на кінець 2019 року

Окрім того, на території України протікає 63029 малих річок і водотоків загальною довжиною 185,8 тис. км. Вони належать до басейнів Вісли, Дунаю

(Тиса і Прут з притоками), Дністра, Південного Бугу та Дніпра [2]. Водні ресурси малих річок використовуються для водопостачання населення і промислових підприємств, у тому числі потужних теплових і атомних електростанцій (наприклад, Чорнобильська, Рівненська, Хмельницька та Південноукраїнська АЕС), а також для ведення рибного господарства, рекреації територій та безпосереднього виробництва електроенергії на малих гідроелектростанціях (ГЕС).

Станом на 2018 рік, на території України в експлуатації знаходились 98 малих ГЕС сумарною потужністю близько 79 МВт. Розподіл потужностей по території країни наведено в табл. 1.1.

Річний середньорічний обсяг виробництва електроенергії малими ГЕС складає близько 210 тис. МВт·год/рік. Найбільше станцій введено в експлуатацію у Вінницькій області, загальна встановлена потужність яких складає 22,45 МВт. Наступними за загальною встановленою потужністю є Кіровоградська, Тернопільська та Закарпатська області [1,2].

Таблиця 1.1 Сучасний стан малої гідроенергетики України

Область	Малі ГЕС		Середньорічний обсяг виробництва електроенергії	
	Кількість	Загальна потужність, МВт	Тис. МВт*год/рік	%
Вінницька	19	22,45	59,60	28,37
Житомирська	14	2,87	7,62	3,63
Закарпатська	6	7,98	21,20	10,09
Івано-Франківська	4	2,57	6,85	3,26
Кіровоградська	5	12,55	33,33	15,87
Київська	3	1,84	4,90	2,33
Львівська	1	0,45	1,20	0,57
Полтавська	5	1,66	4,40	2,09
Рівненська	2	1,16	3,08	1,47
Сумська	4	1,13	3,00	1,43
Тернопільська	9	8,47	22,50	10,71
Харківська	1	3,68	9,77	4,65

Хмельницька	14	4,52	12,00	5,71
Черкаська	9	6,52	17,35	8,26
Чернігівська	1	0,23	0,62	0,30
Чернівецька	1	1,00	2,66	1,27
Разом	98	79,08	210,08	100

Керівництво ПрАТ «Укргідроенерго» наголошує, що гідроенергетичний потенціал в інших країнах використовується значно більше, ніж в Україні: у США — на 82%, в Італії, Франції — на 95-98 %, — роблячи висновки про необхідність подальшого будівництва об'єктів гідроенергетики [31].

За оприлюдненими оцінками, загальний (валовий) гідроенергетичний потенціал України складає понад 44 млрд. кВт·год, в тому числі потенціал малих ГЕС – близько 3 млрд. кВт·год. Економічно ефективний потенціал оцінюється у близько 17,5 млрд. кВт·год, з них використовується близько 11 млрд. кВт·год, що становить 62% [12].

Розрахункова величина у 6,5 млрд. кВт·год невикористаного гідроенергетичного потенціалу є тією підставою, яка широко використовується для обґрунтування планів розвитку гідроенергетики. Водночас обсяги генерації електроенергії об'єктами гідроенергетики України останніми роками зазнавали суттєвих змін при досить сталих показниках встановленої потужності (табл. 2).

Виробництво електроенергії на ГЕС України було значно меншим, ніж наведені 11 млрд. кВт·год. У 2015 р. – 5,2, у 2016 р. – 7,5, у 2017 р. – 9,0 млрд. кВт·год [31].

Ці зміни не є випадковими, вони зумовлені падінням водності річок. Вищезазначене свідчить про необхідність зміни підходів до розуміння гідроенергетичного потенціалу річок в сучасних умовах. Перегляд підходів має стосуватися не лише зміни розрахункових параметрів, пов'язаних із величиною та характером стоку річок, але й із розумінням важливості збереження річок як ключових компонентів екосистем – середовища існування людства, які стають більш уразливими в сучасних умовах глобальної зміни клімату та посиленого техногенного навантаження.

1.2 Аналіз досліджень гідроенергетичних ресурсів річок Карпатського регіону України

Дослідження гідроенергетичних ресурсів річок Карпатського регіону проводилися різними науковцями та організаціями.

Грунтовні дослідження були проведені науковцями-географами Київського національного університету імені Тараса Шевченка – О. Ободовським, К. Данько, О. Почаєвець [11,12,13].

В роботі «Загальний гідроенергетичний потенціал річок Українських Карпат» представлені результати визначення загального гідроенергетичного потенціалу річок Українських Карпат.

Загальний гідроенергетичний потенціал річок, обчислювався для характерних ділянок водотоків, межі яких визначались за зміною гідравлічних характеристик русел (гідравлічний напір, водність). Розрахунки загального гідроенергетичного потенціалу річок карпатського регіону виконувались для річок басейнів р. Тиса, р. Сірет, р. Прут та р. Дністер, які мають довжину понад 10 км. Всього розглянуто 334 річки регіону, на яких виділено 1247 ділянок.

А в праці «Методика встановлення гідроенергетичного потенціалу річок (на прикладі річок Українських Карпат)» вчені представили та обґрунтували алгоритм та методику встановлення гідроенергетичного потенціалу річок.

Апробація алгоритму та методики здійснювалась на водотоках Українських Карпат. За результатами апробації запропоновано підхід визначення гідроенергетичного потенціалу через встановлення чотирьох його складових: загального, екологічного, технічно можливого та економічно ефективного гідроенергетичного потенціалу. Обґрунтовано доцільність встановлення та концепцію визначення екологічного та зокрема технічно можливого гідроенергетичного потенціалів. Запропоновано критерії експертної оцінки ризиків втрат технічно можливого гідроенергетичного потенціалу водотоків. Представлено та проаналізовано схему басейнового розподілу та прогнозу змін гідроенергетичного потенціалу.

Також, гідроенергетику Карпатського регіону, потенційні можливості та проблемні питання освоєння ресурсів було висвітлено в праці Камушка О., віце-президента, виконавчого директора Всеукраїнської громадської організації «Асоціація Укргідроенерго» [4].

У 2019 році Всесвітній фонд природи в Україні випустив брошуру «Гідроенергетика у Карпатах: міфи та реальність», де міститься інформація щодо проблем, які виникають при розвитку гідроенергетики у Карпатському регіоні, зокрема при будівництві малих ГЕС, де екологічна шкода довкіллю здебільшого переважає економічну вигоду. Обговорено ряд існуючих «міфів» у гідроенергетиці Карпатського регіону, що їх використовують забудовники з метою отримання дозволів місцевих громад. Представлено альтернативні шляхи вирішення цієї проблеми для збереження водних ресурсів, рекреаційного потенціалу та біорізноманіття річкових коридорів [14].

О. Станкевич-Волосянчук, Р. Гаврилюк, В. Шаравара у праці «Екосистемні послуги гірських річок Українських Карпат» (2019 р.) розповідають про гірські річки Українських Карпат – їхні особливості, характер, гідрологічний режим, гідроенергетичний потенціал та як впливають на увесь цей комплекс особливостей зміни клімату. Окремий розділ присвячено розвитку малої гідроенергетики в Українських Карпатах та впливу МГЕС на гірські річкові екосистеми. Особлива увага фокусується на екосистемних послугах гірських річок Карпатського регіону України та на їх деградації внаслідок будівництва МГЕС [12].

Р. Б. Гаврилюк, Г. К. Веремійчик в аналітичному документі «Гідроенергетичний потенціал річок України: розвінчання міфів» (2018 р.) розглянули історію становлення гідроенергетики України та динаміку її впливу на довкілля, наслідки та потенційні загрози ставлення до річок України виключно, як до гідроенергетичного ресурсу, європейські практики використання гідроенергетичного потенціалу, сучасне бачення екосистемних послуг річок та майбутнього гідроенергетики в контексті інтегрованого управління водними ресурсами за басейновим принципом [5].

1.3 Чинники зниження гідроенергетичного потенціалу річок

Серед небезпечних геологічних процесів на території басейнів річок Карпатського регіону варто виділити зсуви (більше 4000 зсувів), селі (220 селенебезпечних водотоків), землетруси (магнітудою – до 8,0 (Прикарапаття), – до 6,0 (Карпатська складчаста область)) та тектонічні рухи [8]. Крім того, локальний прояв мають карст (басейни Пруту і Дністра), ерозійні процеси (ураженість якими може складати 30% площ, розроблення нафтогазоносних покладів (інтенсифікація зсувів), зменшення площі лісів та інша господарська діяльність.

Перераховані чинники впливають на технічно можливий для використання гідроенергетичний потенціал водотоків і визначають ризики його зменшення. Величина технічно можливого гідроенергетичного потенціалу річок є достатньо змінною в залежності від умов виробництва та використання гідроенергії. Найбільш точно вона може бути встановлена в результаті безпосереднього складання схем та проектів енергетичного використання річок [11], хоча це є надзвичайно складною задачею, навіть на рівні оцінки наближених показників потужності водотоків всього басейну чи конкретного регіону. Тому для його оцінювання застосовується декілька підходів.

Одним з таких методів є визначення коефіцієнта використання загального гідроенергетичного потенціалу K_1 . Він виражає частку можливої до технічного використання енергії від загального потенціалу річки. Виділяють чотири групи річок з різною потенційною енергією та відповідним коефіцієнтом використання загального гідроенергетичного потенціалу K_1 [11]:

- група I – крупні річки з потенційною енергією > 10000 млн. кВт. год. $K_1 = 0,75-0,85$. А для річок з малими похилами $K_1 = 0,3-0,5$;
- група II – великі річки з потенціальною енергією $1000-10000$ млн. кВт. год. $K_1 = 0,50-0,75$. Для річок, що протікають у районах зрошення, $K_1 = 0,25-0,45$;
- група III – середні річки з потенціальною енергією $15-1000$ млн. кВт. год. $K_1 = 0,4-0,5$. З дериваційними облаштуваннями $K_1 = 0,3$;

- група IV – малі річки з потенціальною енергією <15 млн. кВт. год. $K1 = 0,15-0,20$ у випадку будівництва лише малих ГЕС.

За таким підходом в роботі [8] (без аргументованості їх кількісних величин) встановлені такі показники коефіцієнта використання загального гідроенергетичного потенціалу $K1$ для річок Карпатського регіону:

- басейн Дністра – $K1 = 0,40$;
- басейн Тиси – $K1 = 0,40$;
- басейн Пруту – $K1 = 0,40$;
- басейн Сірету – $K1 = 0,41$.

Враховуючи вищевикладене в розрахунках ТМГП ми користувались експертною оцінкою основних ризиків, які можуть знижувати загальне виробництво гідроелектроенергії.

Серед цих показників (як природних, так антропогенних), які встановлюють указані ризики для річок Карпат є наступні:

- зміна типів русел річок при виході з гір на рівнину
- (ЕРУСЛ).
- зсуви, селі, лавини, ерозія ґрунтів (екзогенні процеси), (ЕЕКЗО).
- сейсмічність території (землетруси) та тектонічні рухи – (ендогенні процеси) (ЕЕНДО).
- карст (ЕКАРСТ).
- зарегульованість стоку та меліорація територій (ЕЗМ).
- відсутність комунікацій та ЛЕП (ЕКЛЕП).
- селитебне навантаження та інша господарська діяльність (ЕСНГД).

Перші 4 показники можна віднести до природних, наступні 3 є антропогенними. «Питома вага» ризику на зменшення ЗГП кожного з цих показників для річок, які протікають в різних природних умовах, є різною. Тому для них уведені відсоткові величини зменшення загального

гідроенергетичного потенціалу, які можна використовувати як для басейнового ЗГП, так і для відповідних ділянок річок.

Ці показники (в долях від 1) можна представити у вигляді відповідних оціночних таблиць (табл. 1.2-1.8). Перший із природних показників стосується зміни умов руслоформування і, як наслідок, типів русел річок, які мають місце при їх виході з гір на рівнину (ЕРУСЛ) (табл. 1.2). При переході з врізаного меандруючого русла (або з русла з розвинутими алювіальними формами) до розгалуженого русла (руслова або заплавна багаторукавність) зменшуються похили річок і падає їх транспортувальна (енергетична) здатність. А з іншого боку, на ділянках з багаторукавним руслом виникають певні складнощі з проектуванням та будівництвом малих ГЕС (МГЕС). Такі ділянки русла річок розташовані в Карпатському регіоні локально і, здебільшого, це стосується правих притоків Тиси та Дністра.

Таблиця 1.2

Зменшення ЗГП через ступінь ризиків за зміною типів русел річок при їх виході з гір на рівнину

№ п/п	Дія на ЗГП	У долях від 1	У %
1	Відсутня	0	0
2	Слабка	0,001-0,01	0,1-1
3	Помірна	0,01-0,05	1-5
4	Сильна	>0,05	>5

Наступним «природним» екзогенним чинником, який потенційно зменшує ЗГП річок є ризики від впливів зсувів, селей, лавин та ерозії ґрунтів (ЕЕКЗО) (табл.1.3).

Таблиця 1.3.

Зменшення ЗГП через ступінь ризиків за показниками зсуви, селі, лавини, ерозія ґрунтів

№ п/п	Дія на ЗГП	У долях від 1	У %
1	Відсутня	0	0
2	Слабка	0,01-0,075	0,1-7,5
3	Помірна	0,075-0,15	7,5-15
4	Сильна	>0,15	>15

З таблиці 2 слідує, що доля наведених показників у цілому складає суттєві ризики щодо зменшення загального гідроенергетичного потенціалу і є різною для річок різного регіону. Разом з тим в районах, де ймовірність прояву зсувів, селей, лавин та ерозії ґрунтів є досить великою, їх дія на ЗГП є сильною, і ці показники можуть суттєво його знижувати, а в деяких випадках навіть унеможливити його використання. У цілому для водозборів річок Українських Карпат розповсюдження вказаних явищ є досить значним, але не повсемісним і є найбільшим в складчастій області Карпат.

Наступний показник стосується сейсмічності території, тобто ризиків від проявів землетрусів та тектонічних процесів в межах водозбірних басейнів (ЕЕНДО) (табл. 1.4). Як видно з табл. 3 "внесок" сейсмічності території та тектонічних рухів на ній на ЗГП може бути дещо меншим, ніж в попередньому випадку (табл. 1.3). Це можна пояснити тим, що при технічному використанні ЗГП в умовах сьогодення, лише в деяких місцях необхідно зведення цілої низки інженерних капітальних споруд, для яких необхідно витримувати певні умови їх конструкцій.

Таблиця 1.4. Зменшення ЗГП через ступінь ризиків за показником сейсмічності території (землетруси)

№ п/п	Дія на ЗГП	У долях від 1	У %
1	Відсутня	0	0
2	Слабка	0,001-0,05	0,1-5
3	Помірна	0,05-0,10	5-10
4	Сильна	>0,10	>10

У роботі [11] зазначається, що максимальні землетруси на ділянках зведення МГЕС не повинні перевищувати 9 балів за шкалою MSK-64. Натомість у межах Карпатського регіону зафіксовані поодинокі локальні максимальні землетруси до 8 балів здебільшого в межах поясу вулканічних Карпат та Прикарпатті [11]. А в цілому для іншої території сила землетрусів може складати 6-7 балів. Ймовірність проявів землетрусів для Карпатського регіону становить 1 землетрус на 20-30 років. З цими процесами пов'язані і тектонічні рухи та загальна досить активна неотектонічна діяльність даного регіону. Тому ці ризики відносяться до ендегенних.

Розповсюдження карсту на території басейнів річок Карпатського регіону також потенційно може зменшувати величину ЗГП (ЕКАРСТ). (табл. 1.5). Вплив карсту може проявлятися у ймовірності просідання поверхонь території, а також інженерних споруд, розташованих на них, перерозподілі стоку річок активізації небезпечних екзогенних процесів над межами його залягання. На Закарпатті (басейн Тиси) карстові процеси поширені лише на Закарпатській акумулятивній рівнині та ділянках древніх вулканів [10]. В басейнах Дністра та Пруту карст розповсюджений в здебільшого в Прут-Дністровському межиріччі [9]. Загалом ризики від впливу карсту на ЗГП в Карпатському регіону незначні.

Таблиця 1.5. Зменшення ЗГП через ступінь ризиків за показником карст

№ п/п	Дія на ЗГП	У долях від 1	У %
1	Відсутня	0	0
2	Слабка	0,001-0,05	0,01-5
3	Помірна	0,05-0,10	5-10
4	Сильна	>0,10	>10

Серед чинників, які обумовлені антропогенним впливом щодо зменшення ЗГП можна виділити зарегульованість стоку та меліорацію земель (ЕЗМ). (табл.1.6)

Таблиця 1.6. Зменшення ЗГП через ступінь ризиків за показником зарегульованості стоку

№ п/п	Дія на ЗГП	У долях від 1	У %
1	Відсутня	0	0
2	Слабка	0,001-0,05	0,01-5
3	Помірна	0,05-0,10	5-10
4	Сильна	>0,10	>10

В умовах зарегулювання стоку і, особливо, при наявності меліоративних територій в межах водозбірних площ річок можливе досить суттєве зменшення ЗГП. Воно пов'язане передусім із порушеннями гідравлічних параметрів потоку річок, їх похилів (напорів) та умов функціонування системи «потік-русло», викликаних із перерозподілом витрат води. В Карпатському регіоні зарегульованих ділянок річок дуже мало. Натомість меліоративних ділянок є доволі значна кількість в басейні Тиси на Закарпатській низовині, а також у верхній частині Дністра, після його виходу з гір на рівнину, тому тут зростають ризики впливу цих чинників на ЗГП. Наступним антропогенним чинником, який може суттєво зменшити ЗГП, є відсутність комунікацій та ліній

електропередач в межах водозбірних басейнів та вздовж річок (ЕКЛЕП). (табл. 1.7).

Таблиця 1.7. Зменшення ЗГП через ступінь ризиків за показниками відсутності комунікацій та ЛЕП

№ п/п	Дія на ЗГП	У долях від 1	У %
1	Відсутня	0	0
2	Слабка	0,001-0,075	0,1-7,5
3	Помірна	0,075-0,15	7,5-15
4	Сильна	>0,15	>15

Виробництво електроенергії на МГЕС є доцільним за умов близької відстані до енергоспоживача (0,5 – 2,5 км, [11]). При цьому мають бути облаштовані різні комунікації (дороги, мости, інші інженерні споруди) та розміщені в безпосередній близькості населені пункти та інші енергоспоживачі (підприємства, туристичні бази, інша інфраструктура). Крім цього, важливим є наявність існуючих ліній електромереж, до яких можуть бути під'єднані нові потужності. Разом з тим, оптимізація місць спорудження МГЕС має враховувати значну обмеженість створення великих за площею водосховищ і високих гребель ГЕС, які суттєво порушують екологічні умови функціонування річкової системи та природного середовища.

Варто зазначити, що в доволі заселеному Карпатському регіоні середньогірські та частина низькогірських ділянок річок мають суттєві обмеження за показниками табл. 6, тому тут має місце зростання ризиків впливу цих показників на ЗГП. Серед інших антропогенних чинників, які потенційно зменшують ЗГП можуть враховуватися щільність селитебного навантаження (особливо в русло-заплавному комплексі річок), знеліснення територій, видобуток корисних копалин в русло-заплавному комплексі і на водозборі та ін. (ЕСНГД). (табл. 1.8).

Таблиця 1.8. Зменшення ЗГП через ступінь ризиків за показниками селитебного навантаження та іншої господарської діяльності

№ п/п	Дія на ЗГП	У долях від 1	У %
1	Відсутня	0	0
2	Слабка	0,001-0,05	0,1-5
3	Помірна	0,05-0,10	5-10
4	Сильна	>0,10	>10

Розташування населених пунктів у гірській території знаходиться, зазвичай, вздовж долини (русел) річок, причому їх протяжність може сягати декількох кілометрів. В цих зонах розміщувати МГЕС, як правило, складно. У свою чергу активне вирубування лісів може призвести як до зростання кількості наносів, що надходять у річку і змінюють гідравлічну структуру потоку, так і до активізації на знеліснених схилах зсувів, селей та лавин [11], а також збільшення активності ерозійної діяльності на схилах. На зменшення ЗГП може також вплинути видобування корисних копалин в басейнах річок. Видобування будівельних матеріалів, шахтне розроблення корисних копалин, розроблення нафтових та газових родовищ можуть призвести до активізації зсувів, селей, просідання певних територій. Також до цього переліку варто додати забір руслового та заплавного алювію на ділянках річок та їх руслах. Цей чинник може призвести до просідання рівнів води і змін похилів водної поверхні та зменшення величини напору, що може збільшити ризики на скорочення гідравлічних ресурсів річки або її ділянки. Такі ділянки річок також мають локальний характер.

Знеліснені площі на території Карпатського регіону розташовані в більшості випадків в зонах середньогір'я та низкогір'я, а видобуток корисних копалин має здебільшого локальний характер.

Провівши певний критеріальний аналіз можливого ризику від впливу різних природних та антропогенних чинників на зменшення величини

загального гідроенергетичного потенціалу, можна встановити загальну сумарну кількість втрат його величини та ризиків їх впливу на зменшення ЗГП:

$$\sum E_{\text{втрат}} = E_{\text{рус}} + E_{\text{екз}} + E_{\text{енд}} + E_{\text{карст}} + E_{\text{зм}} + E_{\text{клеп}} + E_{\text{снгд}}$$

Максимальні теоретичні (гіпотетичні) втрати ЗГП за формулою при високих ризиках можуть становити 100% і тоді виробництво і використання гідроенергії на певній ділянці водотоку або на всій річці є неможливим. Але в середньому, практичному відношенні вказані втрати при суттєвих ризиках за всіма вказаними показниками можуть зменшувати ЗГП на 60-80%, зокрема для річок Карпатського регіону.

Економічно ефективний (обґрунтований) гідроенергетичний потенціал (ЕЕГП). Економічна доцільність використання гідроенергетичного потенціалу річок залежить від ряду чинників, які мають досить значну мінливість. До них відносять перш за все необхідність виробництва та умови використання гідроенергії. З огляду на перший чинник у Карпатському регіону є значна економічна необхідність виробництва гідроелектроенергії. Хоча б узяти той факт, що цей регіон є найбільшим в Україні потенційним виробником гідроелектроенергії [10], а його гідроенергоресурси освоєні слабо з майже повною відсутністю гідроекологічного обґрунтування їх освоєння. Другий чинник диктується тим, що в результаті освоєння технічно можливого гідроенергетичного потенціалу регіон може перейти від імпортера електроенергії до її експортера навіть за умови дотримання екологічних вимог та умов її виробництва. До цього варто ще додати кардинальну реконструкцію існуючих ГЕС та МГЕС і, суттєвим збільшенням виробництва гідроенергії на них.

Разом з тим для виконання вказаних положень слід розробити детальне економічне обґрунтування виробництва та використання гідроенергії на період як сьогодні, так і в довгостроковій перспективі. З урахуванням планів розвитку регіону.

РОЗДІЛ 2. МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕННЯ

2.1. Об'єкти дослідження

Об'єктами нашого дослідження стали басейни основних карпатських річок: р. Тиси, р. Сірет, р. Прут та р. Дністер (Додаток В).

Басейн річки Тиса. Річка Тиса є найбільшою притокою Дунаю за площею та довжиною і другою, після Сави, за водністю. Площа басейну – 157 186 км². Довжина р. Тиса складає 966 км. Основна частина стоку р. Тиса формується на території чотирьох держав: Румунії – 51%, України – 25,6% , Угорщини – 10% та Словаччини – 13,4% [22].

На території України басейн р. Тиса повністю розташований в межах однієї області – Закарпатської. Це єдина область в Україні, де її адміністративні кордони співпадають з межами річкового басейну. Адміністративний кордон між Закарпатською та сусідніми областями України (Львівською та Івано-Франківською) проходить по Карпатському водороздільному хребту, який саме і розділяє басейни Тиси та Сяну, Дністра і Прута. Всі річки на території Закарпаття або безпосередньо впадають до р. Тиса, або до її приток. Площа Закарпатської області і відповідно площа суббасейну Тиса в межах України складає близько 12,8 тис. км². За витік р. Тиса прийнято вважати витік її найдовшої притоки – р. Чорна Тиса. Початок річки знаходиться на південно-західному схилі гори Братківська Вододільно-Верховинського хребта.

В суббасейні р. Тиса протікає 9426 річок, їх сумарна довжина складає 16147 км, густина – 1,7 км/км². Здебільшого це малі річки, середня довжина яких становить близько 2 км, а площі водозбору – 1,2 км². Лише 155 річок мають довжину понад 10 км. З них всього 4 річки з довжиною понад 100 км: Тиса, Латориця, Уж, Боржава. Загальні водні ресурси басейну Тиси в межах України складають 13,3 км³ в середній за водністю рік, при цьому 7,92 км³ є місцевим стоком (рис.2.1) [27].

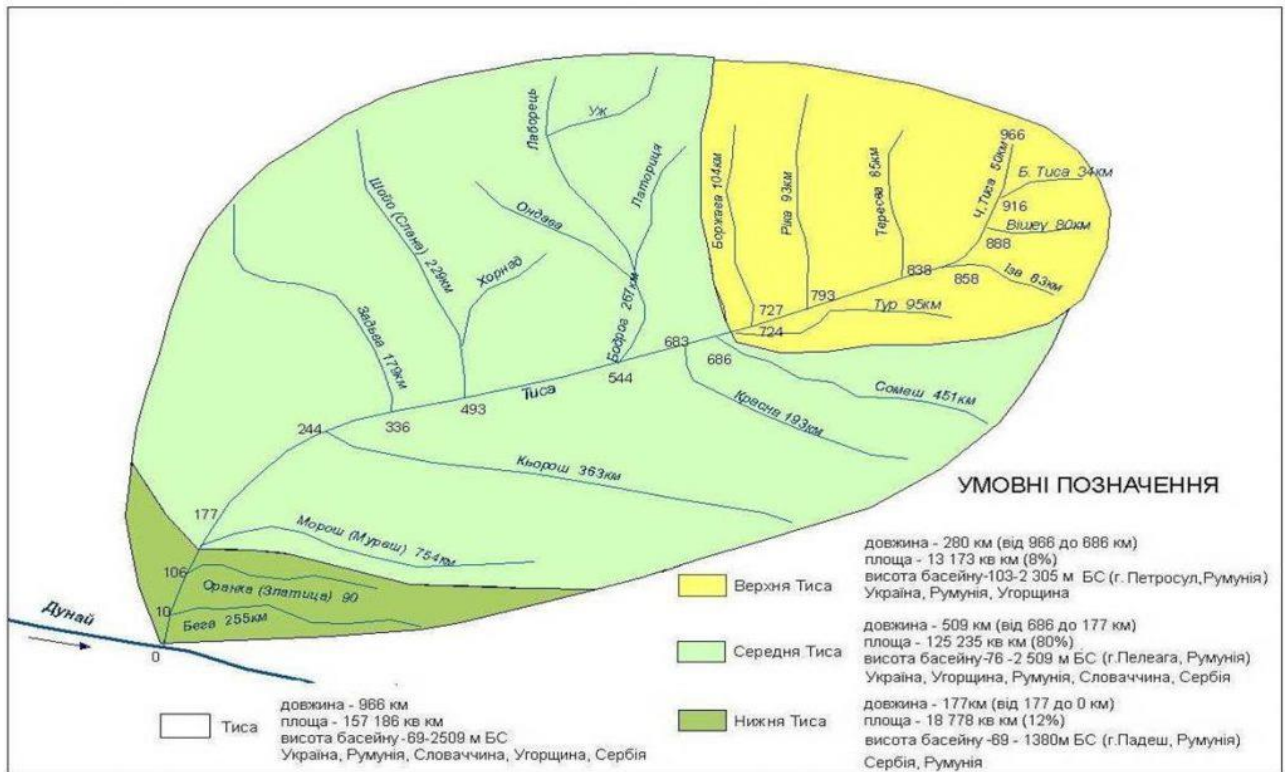


Рис 2.1. Схема ділянок суббасейну річки Тиса, [27]

Басейн річки Сірет. Річка Сірет – лівий приток р. Дунай, бере початок при злитті гірських струмків Черемош і Бурецькі у с. Петровець Чернівецької області, на висоті 740 м. і впадає в р. Дунай на 187 км від її гирла у м. Галац (Румунія). Довжина річки 521 км (100 км – в межах України), площа – 47600 км² (2070 км² – в межах України)[15].

Басейн річки Прут. Річка Прут бере початок на південно-східному схилі гори Говерла, 15 км південно-західніше с. Ворохта, в гірському масиві лісистих Карпат Черногори, впадає в р. Дунай з лівого берега на 164 км від гирла, в 0,5 км південно-східніше с. Джорджулешти (Республіка Молдова). Довжина річки 910 км (299 км в межах України), площа басейну – 27400 км² (17400 км² в межах України), протікає по Івано-Франківській, Чернівецькій областях України. В середній частині Прут межує з Румунією по правому берегу [15, 22].

Басейн річки Дністер. Басейн р. Дністер займає південно-західну частину України і східну половину Республіки Молдова. В межах України до нього входять значна частина Львівської, Івано-Франківської, Тернопільської, Чернівецької, Хмельницької, Вінницької та Одеської областей (52690 км²).

Виток р. Дністер знаходиться біля кордону України з Польщею, на північному схилі Східних Карпат на висоті 878 м над рівнем моря. Загальна довжина річки 1352 км, в межах України вона становить 912 км (67%) і впадає в Дністровський лиман [27].

2.2 Методика встановлення гідроенергетичного потенціалу річок

Найбільш узагальнюючим і важливим показником, що характеризує гідроенергетичну потужність водотоку є загальний гідроенергетичний потенціал (ЗГП), як характеристика повної теоретичної енергії річкового стоку. Для визначення цього потенціалу обчислюється потужність енергії стоку води. На думку ряду авторів найбільш коректні та об'єктивні результати дає метод сумарного поділянкового обліку встановлення ЗГП. Його сутність полягає в тому, що проводиться оцінка загальної потужності всіх ділянок річки, які потенційно можна енергетично використати. Основними критеріями для вибору ділянок є наявність більш-менш однорідного похилу (наприклад, поріжно-водоспадні з похилом $I > 30\text{‰}$), або значна бокова приточність, яка змінює гідравлічні умови річки. Для кожної ділянки визначається її загальна потужність (N , кВт) за формулою [11]:

$$N = g \left(\frac{Q_1 + Q_2}{2} \right) \cdot (H_1 - H_2)$$

де g – прискорення вільного падіння ($g = 9,81 \text{ м/с}^2$), Q_1 і Q_2 – витрати води на початку та в кінці ділянки $\text{м}^3/\text{с}$; H_1 і H_2 – абсолютні відмітки на початку та в кінці ділянки, м. Сумарна потужність усіх ділянок складає загальний енергетичний потенціал річки і визначається як:

$$N_{\text{заг}} = N_1 + N_2 + N_3 + \dots + N_n = \sum N_i$$

де N_1, N_2, N_3 – потужності кожної з ділянок. Варто також відзначити, що для кожної ділянки річки можна встановити потенціальні річні запаси гідроенергії (E , кВт×год/рік) [11]:

$$E = T \cdot g \left(\frac{Q_1 + Q_2}{2} \right) \cdot (H_1 - H_2)$$

де T – кількість годин в році. Вираз $T \cdot g$ в розрахункових потенціальних запасах гідроенергії приймається рівним 85935 [11].

Відомо, що загальний гідроенергетичний потенціал річок не може бути використаний у повному обсязі [8], що обумовлюється наступними обставинами:

- суттєве затоплення територій в результаті спорудження водосховищ ГЕС;
- екологічно не вигідне спорудження та використання електроенергії нерентабельних ГЕС на ряді річок;
- втрати енергії при її виробництві (внутрішнє тертя, гідромеханічні втрати, втрати в енергетичному обладнанні);
- природні та техногенні втрати води з водосховищ (випаровування, забори води);
- втрати напору в гідравлічних спорудах;
- гідравлічні втрати напору на кривій підпорі;
- неможливість енергетичного використання верхів'я та нижніх (пригирлових) ділянок річок;
- заборона використовувати в господарській діяльності ділянки річок, які входять до території природно-заповідного фонду;
- неможливість (недоцільність) енергетичного використання річок, пов'язаних з ендегенними та екзогенними процесами та орографією басейну.

Вказані обставини підсилюються екологічними проблемами, які виникають при гідроенергетичному використанні річок. Особливо це стосується гірських та напівгірських водотоків, де екологічно науково необґрунтоване енергетичне використання їх водних ресурсів може призвести до неповторних змін їхніх екосистем.

Тому необхідно обчислювати гідроенергетичний потенціал річок з врахуванням втрат викликаних різними екологічними та технічно-

економічними аспектами (наявність об'єктів природно-заповідного фонду на водозборі поблизу водотоків, прояв небезпечних геолого-геоморфологічних процесів). Так, розраховується спочатку екологічний, а потім технічно можливий потенціал.

Під екологічним гідроенергетичним потенціалом (ЕкГП) розуміється така частина ЗГП, яка виключає з обсягів загальної гідроенергетичної потужності водотоку енергетичну потужність тих ділянок річки, які відзначаються високою екологічною цінністю і не можуть бути використані в господарсько-енергетичних цілях.

ЕкГП – це складова загального гідроенергетичного потенціалу, яка є важливою, доцільною та необхідною при визначенні енергетичних потужностей водотоків регіонів, таких як річки Українських Карпат. Його необхідність диктується передусім збереженням річкових водних об'єктів та їх відповідності вимогам Водної Рамкової Директиви ЄС [23] через мінімізацію господарської освоєності та навантаженості. Поряд з цим, варто також враховувати основні положення Директиви ЄС «Про оцінку та управління ризиками наводнень».

Основними критеріями для встановлення ЕкГП пропонується [13]:

- наявність у річковому басейні природоохоронних територій (гідрологічні, ландшафтні заказники, регіональні ландшафтні парки, національні природні парки, заповідники тощо);
- співвідношення середньорічного стоку до мінімального ($Q_{сер}/Q_{мін}$) (у верхів'ях річок не зважаючи на значні похили русел (великий напір) відмічається малий стік води, його використання можливе лише з врахуванням співвідношення $Q_{сер}/Q_{мін}$, як $1/5 - 1/7$, тобто за умови, коли стік у верхів'ї водотоку становить 14-20% від загального стоку [13]. При збільшенні цих співвідношень оцінка гідроенергоресурсів не проводиться).

Нами встановлено, що більшість верхів'їв річок, які є дуже малими за водністю (потічки), і не можуть бути використані у гідроенергетичних цілях [20]. Така умова сприятиме збереженню їх екологічного стану та природного

потенціалу. Для річок басейнів Українських Карпат співвідношення $Q_{сер}/Q_{мін}$ в середньому складає наступні показники: Тиси – 7,10; Пруту – 5,83; Сірету – 5,75; Дністра – 6,58 [12]. Що стосується першого критерію при встановленні екологічного потенціалу, то виключення із загальної оцінки ділянок водотоків, що входять до охоронних територій, забезпечить збереження природних ландшафтів та референційних умов, в яких знаходяться річки та їх водозбори.

Технологічні особливості встановлення екологічного гідроенергетичного потенціалу майже за всіма пунктами співпадають із встановленням загального. Таким чином, при оцінці ЕкГП особлива увага приділялась ділянкам річок, які не задовольняють співвідношення $Q_{сер}/Q_{мін}$ та тим, що протікають в межах природно-заповідного фонду.

Частина ЗГП з виключенням ЕкГП та потенційних втрат потужності водотоку за рахунок природно-антропогенних особливостей території, і яка реально може бути використана в гідроенергетичних цілях називається *технічно можливий гідроенергетичний потенціал (ТМГП)*. Під ним можна розуміти ту частину гідроенергетичного потенціалу, яка є технічно можливою (економічно ефективною) для використання.

За [11] технічно можливий потенціал визначають виходячи з потенціалу водних ресурсів, які варто зменшити як ризики від втрат, пов'язані з фільтрацією та випаровуванням, неможливістю повного використання стоку річки (слабке його зарегулювання, можливі відбори води, відсутність комунікацій та ЛЕП, тощо). Його величина залежить також від геологічних умов (середовища) – тектонічні розломи, тектонічні рухи, землетруси (8- 9 балів та вище), карст, зсуви та селі, гідрогеологічних умов – рівень залягання підземних вод, орографії басейну – крутизна схилів, фізичних властивостей ґрунтів – суфозія, просідання, набрякання, тощо.

До чинників, які безумовно суттєво знижують ТМГП відноситься і ЕкГП річок. В такому разі загальна схема (формула) встановлення ТМГП є наступною:

$$E_{ТМГП} = E_{ЗГП} - E_{ЕкГП} - E_{втрат}$$

де $E_{\text{ТМГП}}$ – енергія технічно можливого гідроенергетичного потенціалу; $E_{\text{ЗГП}}$ – енергія загального гідроенергетичного потенціалу; $E_{\text{ЕКГП}}$ – енергія екологічного гідроенергетичного потенціалу; $E_{\text{ВТРАТ}}$ – ризик втрати гідроенергопотужності, пов'язаних із втратами водних ресурсів, небезпечними геологічними та гідрогеологічними процесами, небезпечною екзогенною діяльністю, антропогенним впливом, тощо.

Варто зазначити, що величина $E_{\text{ВТРАТ}}$ включає в себе велику кількість невідомих дескрипторів, що створює певні ризики утворення похибки при визначенні даного показника.

Для річок Східноєвропейської рівнини втрати енергії, пов'язані із втратами водних ресурсів (втрати напору і втрати стоку) зазвичай можуть змінюватися в межах від 3 до 10%. Причому максимальні значення характерні для дериваційних ГЕС. Механічні втрати при перетворенні гідравлічної енергії в електричну можуть складати 11-13%. Разом величина цих втрат максимально може становити 22-24%. При старих конструкціях ГЕС та їх турбін вони неминучі. Отже, мінімальне реальне використання ЗГП становить орієнтовно 87% [11], а в окремих випадках може досягати 75%.

РОЗДІЛ 3. СТАН ГІДРОЕНЕРГЕТИКИ КАРПАТСЬКОГО РЕГІОНУ УКРАЇНИ

3.1. Показники загального гідроенергетичного потенціалу річок Карпатського регіону України

В Українських Карпатах налічується біля 28 тисяч річок. Проте річок протяжністю більше 10 км тут налічується лише близько 450. Основна частина карпатських річок належить до категорії малих. Їх загальна протяжність становить 36 тис. км. Густота гідромережі тут найбільша в Україні: середня – від 0,5 до 0,7 км/км², а максимальна – 1,0-1,2 км/км² і більше [27].

Українські Карпати є вододілом великих річкових систем і одночасно водозбором їх приток. На північному заході зовнішнього боку гірської дуги лежать витoki Сяну, який є частиною Балтійського басейну. На схід починаються річки Чорноморського басейну – витoki і притоки Дністра, які дрениують північно-східний схил Карпат і Прикарпаття, а на південному сході – витoki Пруту і Сірету – великих приток Дунаю. З внутрішнього боку Карпатської дуги починається Тиса – найбільша притока Дунаю. Її численні притоки розчленовують південно-західні схили Карпат і Закарпатську низовину.

У розміщенні річок і характері розчленування поверхні існують певні закономірності, зумовлені складним розвитком гір, сучасною морфотектонічною і літологічною будовою території. За положенням відносно геологічних структур і топографії місцевості всі річки можна розділити на поздовжні, які течуть уздовж структур, поперечні, які перетинають їх під прямим кутом, і діагональні, які косо пересікають основні структури.

Найбільші багатоводні річки – Дністер у Прикарпатті і Тиса в Закарпатті – є поздовжніми. Вони закладені в зонах крайових прогинів, які збирають усі поверхневі і підземні води, що стікають з гір [5].

Річки Карпат мають гірський характер. Долини їх, як правило, вузькі і глибокі, схили часом стрімкі. Таких рис набувають долини поперечних річок у верхів'ях і при перетині ними хребтів. Русла мають велике падіння. Похил

русел великих поперечних річок менший, ніж малих. Так, Чорна Тиса має похил 19 м/км, а її притока Говерла – 75 м/км; Тересва – 30 м/км, Білий Черемош – 14 м/км, Чорний Черемош – 9,7 м/км. Поздовжній профіль таких річок не вироблений. Ширина русел невелика, навіть у таких великих річок, як Прут і Черемош, вона не перевищує 100 м. Русла часто загромаджені камінням і уламками скель. Зустрічаються пороги і водоспади. Глибина річок незначна, в середньому 0,5-1,5 м. Течія карпатських річок постійна, середня швидкість її 3-5 м/сек [14].

Рівнинні річки Прикарпаття і Закарпаття мають повільну течію і широкі долини. Так, похил русла р. Серне в Закарпатті – 0,2 м/км, а р. Клодниця в Прикарпатті – 1,8 м/км. У живленні карпатських річок беруть участь дощі, сезонні сніги, ґрунтові та підземні води. Роль цих джерел для різних річок неоднакова. При збільшенні висоти водозбору відбувається перерозподіл окремих джерел живлення – зростає частка снігового і підземного живлення і дещо скорочується роль дощів. Річки Закарпаття і правобережні притоки Дністра відносять до річок змішаного живлення – снігового та дощового з переважанням дощового. Ґрунтове живлення є додатковим. Значні коливання зимових і літніх опадів зумовлюють своєрідний нестійкий гідрологічний режим [5].

Закарпатська область розміщена в найбільш зволоженому регіоні України, вкрита густою мережею річкових систем. По її території протікають 9429 річок сумарною довжиною 19 866 км. Із них 9277 — малих річок (довжиною до 10 км), що становить близько 79% всіх водотоків. Їх загальна довжина 16 248 км. Довжиною понад 10 км є 152 річки. Загальна протяжність цих річок – 3618 км.

Річок довжиною понад 100 км лише чотири – Тиса, Боржава, Латориця і Уж. Середня густота річок області 1,7 км/км² — найбільша в Україні. По території вона змінюється від 1,3 км/км² на рівнині до 2,0 км/км² у горах. Усі річки є частиною басейну р. Тиса. Більшість річок області протікають серед хребтів та гір Українських Карпат, тому належить до річок

гірського типу (проща водозбору становить 75 % від території області). Річки, які виходять на Закарпатську низовину – Тиса, Латориця, Боржава та Уж – у нижній течії мають ознаки рівнинних річок. По території Закарпатської низовини протікають невеликі типово передгірно-рівнинні річки – Серне, Верке, Ботар тощо [3].

З території області в середньому щосекунди з 1 км² стікає 19,8 л води. У середній за водністю рік стікає 8 км³ води, що становить 16% річкового стоку України [4].

Загальна кількість річок в Івано-Франківській області сягає 7120, при цьому переважають малі річки, довжиною до 10 км. Рік, які мають довжину понад 10 км, налічується 132, а понад 100 км — тільки 5: Дністер, Прут, Свіча, Лімниця та Черемош [3].

Річки Прикарпаття належать до басейну Дністра та басейну Прута. У межах території Івано-Франківської області річкова сітка басейну Дністра має пір'ясту будову. Сітка правих і лівих притоків Дністра, в зв'язку з особливостями рельєфу і клімату цих районів, розвинена нерівномірно.

Найбільш розвинена сітка правих притоків, які формуються у щедро зрошуваних атмосферними опадами Карпатах. До них належать: Свіча, Лімниця, Луква, Бистриця та інші. Ці ріки мають досить розгалужену систему, особливо в гірській частині. На Карпатські притоки припадає близько 70% водозбірної площі басейну Дністра. На схід від Бистриці, на Покутській височині, Правобережжя Дністра має дуже слабо розвинену річкову систему. Ріки тут трапляються рідко, невеликі, звичайно маловодні. Невелика густина річкової сітки в цій місцевості пов'язана з карстовими явищами.

З Покутських притоків Дністра зазначимо такі: Тлумач, Хотимирка, Лемець та інші. Довжина їх не перевищує 20—30 км. У лівобережній частині, в межах Івано-Франківської області, Дністер збирає води з Опільської височини (Гнила Липа, Свірж та інші). Ці ріки також утворюють слабо розвинені системи [14].

Львівська область багата ріками, яких нараховується понад 8950, з них 216 завдовжки понад 10 км кожна. Загальна протяжність рік області становить 16343 км. Розподіл рік по басейнах нерівномірний. Найбільше рік належить до басейнів Дністра (5738), Західного Бугу (3213) і незначна частина — до басейну Сану і Прип'яті. Річок, які мають довжину більше 100 км у Львівській області є 7: Дністер, Стрий, Західний Буг, Свіча, Золота Липа, Стир, Іква. Ці ж ріки мають і найбільшу площу водозбору, відповідно і найбільші витрати води. Річки належать до басейнів двох морів: Балтійського (річки західної частини області) та Чорного (річки східної частини). Це зумовлене тим, що через Львівську область проходить Головний європейський вододіл. Основні річки басейну Балтійського моря (в межах області) — Сян і Західний Буг; основні річки басейну Чорного моря — Стир (притока Прип'яті) і Дністер [3].

Чернівецька область також вкрита густою мережею річок, які за розмірами надзвичайно неоднорідні і змінюються від малих струмків до значних водних артерій, як ріка Дністер. У межах області протікає 4494 річок сумарною довжиною 7641 км. Кількість постійних водотоків 3747, тимчасово діючих — 747, сумарна довжина їх відповідно дорівнює 6858 і 783 км; 75 річок довжиною понад 10 км, що становить 2,1% від загальної кількості [3,4].

Середня густота річкової сітки області 0,90 км/км². По території вона змінюється від 0,61 км/км² (на рівнинній частині) до 1,43 км/км² (У горах). Головні річки області — Дністер, Прут і Сірет. Власне основною річкою є Дністер, який безпосередньо впадає в Чорне море, а Прут та Сірет — притоки Дунаю. Всі інші річки — це притоки різних розрядів Дністра, Пруту та Сірету. Основні річки протікають, головним чином, з північного заходу на південний схід, перетинаючи область в широтному напрямку.

Так деякі дослідники вважають, що загальний гідроенергетичний потенціал річок Карпат становить 2340,5 МВт. З них 46,4 % - це річки Закарпатської області. Технічний гідроенергетичний потенціал гірських річок Карпат становить 285 МВт [4]. Цей показник визначено автором на основі

даних за період спостережень 1950-2010 років. Однак ми не знайшли жодних досліджень, де б автори пропонували економічно ефективний або ж, ще важливіше – екологічний /екосистемний гідроенергетичний потенціал, який, заради збереження гірських річкових екосистем, вираховується як частина загального гідроенергетичного потенціалу, що виключає потенціал ділянок водотоків, використання яких в гідроенергетичних цілях буде мати згубний характер для екосистем. Будівництво МГЕС на гірських річках Карпат, яке здійснюється без врахування цього екосистемного гідроенергетичного потенціалу (ЕкГП), вже сьогодні має для річкових екосистем руйнівні наслідки [7,10].

На сьогодні у Карпатському регіоні діє 18 МГЕС загальною потужністю 18,29 МВт (6,4 % від розрахованого технічного гідроенергетичного потенціалу). Лівова частка цих об'єктів електрогенерації знаходиться у Закарпатті: 10 МГЕС загальною потужністю 14,348 МВт (78,5 % від усієї генерації об'єктами малої гідроенергетики Карпатського регіону України),[10].

Тут ще з 1937-го року на р. Уж та дериваційному каналі діють Оноківська (2650 кВт) та Ужгородська МГЕСи (1,9 МВт), побудовані за проектами чехословацьких інженерів.

Інші 8 МГЕС були побудовані у період 2006- 2018 роки у місцях, де до того часу ніколи не було гідроелектростанцій: Білинська МГЕС на потоці Ільмин (2006), Краснянська МГЕС на р. Красношурка (2011), МГЕС «Шипіт-1» (2012) та МГЕС «Шипіт-2» на р. Шипіт (2014), Нижньобистрівська МГЕС на р. Ріка (2014), МГЕС «Брустуриянська-1» (2016) та «Брустуриянська-2» на р. Брустуриянка (2018), Яновецька МГЕС (2017) на р. Яновець.

В Івано-Франківській області сьогодні діють 5 МГЕС загальною потужністю 2,612 МВт. Це новозбудовані Пробійнівська МГЕС-1 (2010), Пробійнівська МГЕС-2 (2013) на р. Білий Черемош, Золотоліпська МГЕС (2010/2012) на р. Золота Липа, Сваричівська МГЕС (2017) на р. Чечва, а також відновлена Снятинська МГЕС (2005) на р. Прут.

У Львівській області поки-що 2 діючі МГЕС загальною потужністю 630 кВт. Обидві відновлені: Яворська ГЕС (2008) на р. Стрий та Новошицька ГЕС (2013) на р. Бистриця Тисменицька. Існують плани будівництва ще десятка МГЕС на гірських річках області.

На Буковині також сьогодні діють 2 МГЕС загальною потужністю 1,7 МВт. Це відновлена Яблуницька МГЕС (2009) на р. Білий Черемош та новозбудована Саратська МГЕС на р. Сарата [7].

3.2. Визначення гідроенергетичного потенціалу річок Карпатського регіону

Для визначення гідроенергетичного потенціалу водотоків Карпатського регіону були розглянуті та проаналізовані річки басейнів Тиси, Сірету, Пруту та Дністра (у межах території Українських Карпат), які мають довжину понад 10 км.

Басейн р. Тиса. Установлено, що найбільшою гідроенергетичною потужністю в даному басейні характеризуються річки суббасейну Тересви. Їхній сумарний гідроенергетичний потенціал становить 14,1 % (153782 кВт або 154 МВт) від загальної гідроенергетичної потужності річок басейну Тиси. Зокрема, сумарна потужність самої річки Тиси – 31,5 % (350842 кВт або 350,8 МВт) від загальної потужності водотоків основних суббасейнів. Серед суббасейнів малих річок басейну Тиси найбільшим потенціалом характеризуються річки басейну Шопурки, валова частка потужності річок якого становить 3,44 % (37551 кВт або 37,6 МВт) [1].

Серед 114 досліджуваних річок басейну Тиси (без урахування річки Тиси) найбільшою гідроенергетичною потужністю характеризується річка Тересва. Її гідроенергетичний потенціал становить 80978 кВт (80,9 МВт) тобто 7,41 % від сумарного потенціалу всіх водотоків. Разом з річками Тересвою та Тисою, загальний гідроенергетичний потенціал яких перевищує 10 МВт, можна відмітити ще 15 водотоків (разом 17 водотоків): Тиса – 350,8 МВт, Тересва – 80,9 МВт, Тересля – 76,3 МВт, Ріка – 66,0 МВт, Латориця – 38,9 МВт, Уж –

37,8 МВт, Чорна Тиса – 35,5 МВт, Боржава – 31,1 МВт, Біла Тиса – 24,5 МВт, Брустуранка – 18,4 МВт, Косівська – 17, МВт, Середня – 16,4 МВт, Люта – 14,3 МВт, Віча – 14,2 МВт, Мокрянкa – 13,0 МВт, Іршава – 11,7 МВт, Мала Шопурка – 11,7 МВт.

Аналіз даних засвідчує, що сумарний гідроенергетичний потенціал указаних водотоків становить 859,7 МВт, тобто 78,7 % сумарного загального гідроенергетичного потенціалу всіх досліджуваних річок басейну Тиси. Вага інших водотоків басейну Тиси в сумарному загальному гідроенергетичному потенціалі не перевищує 22 %. Більшість водотоків (68 річок басейну) мають загальний гідроенергетичний потенціал, що входить у діапазон від 1000 до 10000 кВт. Частка їхнього сумарного гідроенергетичного потенціалу становить 19,95 %. На інші водотоки (29 річок) припадає лише 1,35 %. Їхній індивідуальний загальний гідроенергетичний потенціал менше 0,09 %.

Потенційний загальний обсяг річної енергопотужності всіх річок басейну Тиси становить 9569730 тис. кВт*год/рік.

Детальний аналіз гідроенергетичного потенціалу водотоків басейну Тиси з кожної окремо взятої ділянки річки розкриває більш повну картину гідроенергетичних потужностей водотоків, що розглядаються. Так, розвиток малої гідроенергетики потенційно можливий на 367 ділянках (із 385 ділянок) досліджуваних річок, оскільки гідроенергетичні потужності інших 18 ділянок перевищують 10000 кВт (10 МВт). Згідно з класифікаційною схемою Закону України «Про електроенергетику» [19], гідроенергопотужності 122 досліджених ділянок входять у діапазон 1000–10000 кВт. Гідроенергетичний потенціал 172 ділянок характеризується потужностями в діапазоні 200–1000 кВт. Та лише 73 зі 385 досліджуваних ділянок річок басейну мають гідроенергетичний потенціал менше 200 кВт. Це переважно малі річки та ділянки верхів'їв річок, де має місце мала водність, хоч показники напору на цих ділянках досить великі.

Басейн р. Сірет. Загальний гідроенергетичний потенціал усіх досліджуваних водотоків басейну Сірету – 23707 кВт або 23,7 МВт.

Найбільший гідроенергетичний потенціал має річка Сірет, гідроенергетична потужність якої становить 14596 кВт або 14,5 МВт. Це – 63,1 % від сумарного гідроенергетичного потенціалу всіх водотоків басейну Сірету (у межах регіону Українських Карпат), [1]. Другою за величиною гідроенергетичної потужності у басейні Сірету є річка Малий Сірет, його гідроенергетичний потенціал становить 4624 кВт, тобто 19,5 % сумарного загального гідроенергетичного потенціалу всіх водотоків басейну р. Сірет. Проте сумарний загальний гідроенергетичний потенціал водотоків суббасейну Малевого Сірету має питому вагу 28,7 % у басейні Сірету.

Проаналізувавши гідроенергетичний потенціал річок басейну Сірету за класифікаційної схемою Закону України «Про електроенергетику» [19], виявлено, що на більшості з досліджуваних ділянок річок (57) басейну Сірету (у межах України) можливе виробництво електроенергії з використанням лише мікрогідроелектростанції, оскільки гідроенергетична потужність водного потоку на цих ділянках не перевищує 200 кВт. На 16 досліджуваних річкових ділянках визначені потужності варіюються в діапазоні 200–1000 кВт, що потенційно передбачає можливість застосування конструкцій мінігідроелектростанцій. Потенційна гідроенергетична потужність, що перевищує 1000 кВт, фіксується лише на 5 із 78 досліджуваних ділянках річок. Ці ділянки є потенційними для зведення малих гідроелектростанцій для виробництва електроенергії.

Потенційний загальний обсяг річної енергопотужності всіх річок басейну Сірету становить 207665 тис. кВт*год/рік.

Басейн р. Прут. У басейні річки Прут (у межах регіону Українських Карпат) дослідження гідроенергетичного потенціалу його водотоків проводилось за оцінкою гідроенергетичних потужностей 56 річок басейну. Сумарний загальний гідроенергетичний потенціал водотоків басейну р. Прут (у межах Українських Карпат) становить 403566 кВт або 403,5 МВт. Із них загальний гідроенергетичний потенціал самої річки Прут (у межах регіону Українських Карпат) становить 143178 кВт, тобто 35,5 % усіх гідроенергоресурсів басейну р. Прут (у межах Українських Карпат).

Найбільшою сумарною гідроенергетичною потужністю характеризуються водотоки суббасейну р. Черемош. Разом його водотоки потенційно забезпечують 52,8 % (212975 кВт) потенціалу гідроенергетичної потужності водотоків усього басейну Пруту (у межах регіону Українських Карпат),[1].

Аналіз гідроенергетичного потенціалу річок басейну Пруту за класифікаційною схемою Закону України «Про електроенергетику» [19] засвідчив таке. На 93 (із 230) досліджуваних ділянках річок басейну р. Прут (у межах регіону Українських Карпат) потенційні потужності водного потоку перебувають у діапазоні 200–1000 кВт. Вони є потенційно придатні для виробництва електроенергії із застосуванням мінігідроелектростанцій. Майже така сама кількість річкових ділянок (92 із 230) у басейні Пруту характеризується потенційними гідроенергетичними потужностями величиною до 200 кВт. Такі ділянки є потенційно придатними для залучення на них мікрогідроелектростанцій. На 36 досліджуваних ділянках потенційні гідроенергетичні потужності коливаються в межах 1000– 10000 кВт. Це найвищий поріг для використання у вітчизняній малій гідроенергетиці. Крім того, на дев'яти досліджуваних ділянках річок відмічаються гідроенергетичні потужності, які перевищують 10 МВт. Зокрема, це майже всі (4 з 5) ділянки на річці Черемош та нижні ділянки на річках Прут, Чорний Черемош і Білий Черемош [13].

Сумарний загальний гідроенергетичний потенціал річок усіх основних суббасейнів басейну Пруту (у межах регіону Українських Карпат) становить 96,4 % від сумарного загального гідроенергетичного потенціалу всіх водотоків басейну в межах досліджуваного карпатського регіону. При цьому понад 75 % усієї гідроенергетичної потужності забезпечують лише чотири основні річки басейну – Прут (143178 кВт (35,5 %)), Черемош (91745 кВт (22,7 %)), Чорний Черемош (49164 кВт (12,2 %)) та Білий Черемош (26989 кВт (6,69 %)). Потенційний загальний обсяг річної гідроенергопотужності всіх річок басейну Пруту становить 3535236 тис. кВт*год/рік [13,1].

Басейн р. Дністер. У басейні річки Дністер (у межах регіону Українських Карпат) вивчення гідроенергетичного потенціалу його водотоків проводилось за оцінкою гідроенергетичної потужності 145 річок басейну (розглядались лише правобережні карпатські притоки Дністра). Гідроенергетичний потенціал досліджуваних річок басейну Дністра становить 820824 кВт або майже 820,8 МВт. Із них гідроенергетичний потенціал річки Дністер (у межах регіону Українських Карпат (замикальний створ м. Заліщики)) – 27,6 %, що становить 226675 кВт.

Аналіз розподілу загального гідроенергетичного потенціалу водотоків основних суббасейнів установив, що найбільшою сумарною гідроенергетичною потужністю характеризуються водотоки суббасейну р. Стрий. Разом річки басейну Стрию потенційно забезпечують 24,8 % (203952 кВт) енергетичного потенціалу потужності водотоків басейну Дністра в межах Українських Карпат. Сумарна потужність усіх водотоків басейну Стрию майже домірна загальному гідроенергетичному потенціалу р. Дністер. При цьому річка Стрий забезпечує 15,7 % (129094 кВт) від усієї гідроенергетичної потужності всіх досліджених водотоків Дністровського басейну в карпатському регіоні [11].

Крім водотоків суббасейну р. Стрий, значними гідроенергоресурсами забезпечені суббасейни річок Лімниця (125556 кВт (15,3 %)) та Бистриця (136286 (16,6 %)). Їхні водотоки разом сумарно забезпечують 31,9 % потенційної гідроенергії. Оцінка показників гідроенергетичного потенціалу річок басейну Дністра (у межах Українських Карпат) за класифікаційною схемою Закону України «Про електроенергетику» [19] виявила, що в басейні р. Дністер на досліджуваних водотоках переважають ділянки, які характеризуються гідроенергетичною потужністю до 200 кВт. Таких ділянок у досліджуваному басейні 260, що становить практично половину з усіх 541 досліджуваної ділянки річок Дністровського басейну (у межах Українських Карпат). Вони є потенційними для встановлення мікрогідроелектростанцій. На 170 річкових ділянках (із 541) гідроенергетичні потужності коливаються в діапазоні 200–1000 кВт. Таким чином, ці ділянки є придатними для

спорудження на них мінігідроелектростанцій. Натомість на 111 ділянках потенційні гідроенергетичні потужності коливаються в межах 1000–10000 кВт, що сприяє використанню малих гідроелектростанцій. Крім того, на 13 досліджуваних ділянках річок відмічаються гідроенергетичні потужності, які перевищують 10 МВт [11].

Із чотирьох досліджуваних басейнів річок Карпатського регіону (басейни р. Тиса, Сірет, Прут, Дністер) найбільшим сумарним загальним гідроенергетичним потенціалом відзначаються річки басейну Тиси.

Аналіз отриманих результатів обчислення гідроенергетичного потенціалу річок Українських Карпат установив, що сумарний загальний гідроенергетичний потенціал усіх водотоків карпатського регіону (усі річки довжиною понад 10 км) становить 2340531 кВт (2340,5 МВт). У розрахунку на потенціал річної потужності гідроенергоресурси водотоків Українських Карпат мають ресурс забезпечення 20503052 тис. кВт*год/рік (табл. 2.1).

Таблиця 2.1. Зведені сумарні показники загального гідроенергетичного потенціалу річок Українських Карпат [11]

№	Назва басейну	Кількість річок	Кількість ділянок	Кількість суббасейнів	$E_{\text{заг.}}$ кВт	$E_{\text{заг.}}$ за рік, тис. кВт*г	% від ЗГП річок УК
1	2	3	4	5	6	8	9
1	Басейн р. Тиса	114	385	11	1 092435	9 569731	46.4
2	Басейн р. Сірет	19	78	4	23707	207673.3	1.01
3	Басейн р. Прут	56	230	8	403566	3 535238	17.2
4	Басейн р. Дністер	145	554	8	820824	7 190418	34.9
Загальний потенціал річок регіону		334	1247	-	2 340531	20 503052	100,0
Загальний потенціал річок суббасейнів і головних річок		-	-	31	2 305221	20 193736	98,5

Порівняльна характеристика загальної гідроенергетичної потужності річок Українських Карпат з потужністю вже існуючих великих і малих гідроенергетичних комплексів України свідчить, що сумарний загальний гідроенергетичний потенціал річок Українських Карпат в обсягах потенційної річної гідроенергії на 3 млрд кВт*г/рік перевищує економічно ефективний гідроенергетичний потенціал усіх річок України, який становить 17,5 млрд кВт*г/рік [13].

Сумарний загальний гідроенергетичний потенціал водотоків Українських Карпат забезпечує 20,5 млрд кВт*г/рік (табл. 10). Важливим моментом такого співвідношення показників загальної річної потужності водотоків карпатського

регіону України та величини потенційного обсягу економічно ефективної гідроенергетичної потужності є те, що показник гідроенергетичної потужності водотоків Карпат відображає теоретичний потенціал без екологічних і технічно можливих утрат при імовірному виробництві гідроелектроенергії. Крім того, показник річної потужності водотоків Карпат розраховано з урахуванням безперервного процесу водного стоку, а показник економічно ефективного гідроенергетичного потенціалу річок України – з урахування режиму експлуатації потенційних гідроелектростанцій. За даними [13], із 17,5 млрд кВт*г/рік економічно ефективного гідроенергетичного потенціалу річок України використовується лише 11 млрд кВт*г/рік. Не використаний ефективний потенціал становить 6,5 млрд кВт*г/рік.

Дослідження показали, що водотоки чотирьох основних басейнів карпатських річок, а саме басейнів Тиси, Сирету, Пруту та Дністра забезпечують 2340531 кВт або 2340,5 МВт загальної гідроенергетичної потужності. Порівняно з потужністю системи гідроенергетичних комплексів України частка потужності річок Карпатського регіону в межах України становить 38,6 % [1].

Найбільшою гідроенергетичною потужністю відзначаються водотоки басейну р. Тиса (у межах регіону Українських Карпат). Їхній сумарний загальний гідроенергетичний потенціал становить 1092,4 МВт, що забезпечує 46,4 % усієї гідроенергетичної потужності всіх водотоків карпатського регіону України [1].

3.3. Наслідки використання гідроенергетичного потенціалу та його вплив на довкілля

Незважаючи на те що гідроенергетика відноситься до відновлювальних джерел і тривалий час була беззаперечним лідером серед таких, останніми десятиліттями стали очевидними її негативні наслідки для довкілля, що змінює розуміння справжньої вартості електроенергії, виробленої гідроелектростанціями, та загальне ставлення до перспектив розвитку галузі.

Крім прямих негативних наслідків для довкілля реалізованих гідроенергетичних проєктів, таких як втрата родючих земель внаслідок створення водосховищ, підтоплення, ерозія ґрунтів, деградація іхтіофауни, зниження якості поверхневих вод тощо, існують і опосередковані впливи, економічні наслідки яких також можуть істотно вплинути на розмір справжньої вартості гідроелектроенергії.

Серед них: витрати на спорудження та підтримку експлуатації захисних дамб та їх безпеки, на роботу насосних станцій, недоотримані прибутки від використання затоплених сільськогосподарських земель, витрати на переселення місцевого населення, впливи на наземні екосистеми та біорізноманіття тощо. Окремі наслідки гідроенергетичного будівництва неможливо оцінити фінансово. Це знищення під водами водосховищ унікальних природних ландшафтів, руйнування людських доль та місцевої культури, втрата рідної землі, місць поховання, які не можна не оцінити, не компенсувати чи відновити в майбутньому.

Наприклад, негативні наслідки створення дніпровських водосховищ, за окремими економічними оцінками, значно (у 6–30 разів) перевищують отримані вигоди [5].

Під дніпровськими водосховищами затоплено 709,9 тис. га земель. З них 197,6 тис. га – піщані землі та землі, не придатні для використання; 261,5 тис. га – ліси та дрібнолісся; 177,6 – сіножаті й пасовища; 73,2 тис. га – орні землі, сади і садиби [14]. Затоплено і знищено понад 6 тис. населених пунктів, понад 10 тис. цвинтарів, переселено понад 3 млн. людей. При створенні водосховищ значні ділянки було захищено дамбами – загалом у прибережній смузі Дніпровського каскаду виділяють 24 захищених масиви загальною площею 2,54 тис. км². Тут розташовано понад 190 населених пунктів. Однією з найважливіших складових захисту є насосні та компресорні станції. Потужність встановленого на них обладнання становить 66,55 МВт, що здатне перекачувати понад 500 м³ /с води. Загальна довжина дамб, які захищають території від підтоплення і затоплення, становить 300,6 км [31].

Оскільки дамби було зведено на шляху багатьох приток Дніпра, тисячі річок і струмків опинилися нижче рівня Дніпра, що викликало необхідність будівництва 34 насосно-компресорних станцій. Зокрема, стік таких річок, як Ірпінь, Трубіж, Тясмин, Базавлук постійно перекачується у водосховища, для чого витрачається 50–70 млн. кВт·год електроенергії щороку. На насосних станціях працює в рази більше персоналу, ніж на каскаді ГЕС, а витрати на його утримання, за оцінками 1997 р., уп'ятеро перевищували вартість енергії всіх шести ГЕС [7].

3.4. Застосування підходів ЄС щодо збереження гідроенергетичного потенціалу річок

Загальний гідроенергетичний потенціал європейських країн оцінюється в 4 919 ТВт·год, з яких 2 762 ТВт·год оцінюється як технічно досяжний [5, с.16]. Слід зауважити, що можливості розвитку гідроенергетики в багатьох країнах ЄС практично вичерпані внаслідок високого рівня освоєння гідроенергетичних ресурсів. Основний потенціал розвитку гідроенергетики в таких країнах, зокрема в Італії, Швейцарії, вбачається в малій гідроенергетиці.

В світі відсутній єдиний підхід до категоризації гідроенергетичного потенціалу та методики оцінювання його категорій. Світовою енергетичною радою (World Energy Council) з посиланням на Міжнародну енергетичну асоціацію (International Hydropower Association (ІНА)) наводяться дані для трьох класичних категорій гідроенергетичного потенціалу [26-28]:

- теоретичного (gross theoretical capability);
- технічного (technically exploitable capability);
- економічного (economically exploitable capability).

Сучасним трендом в ЄС та в світі є перегляд категоризації гідропотенціалу. Крім усталеної «трійки» (теоретичний, технічний, економічний потенціал) вводиться поняття ефективного гідропотенціалу. Останній пропонується вираховувати виходячи із екосистемних обмежень територій .

Дана методологія виключає можливість використання гідроресурсів на площах, визначених Програмою ООН з навколишнього середовища (United Nations Environment Programme (UNEP)) та Міжнародним Союзом з приполярної медицини (International Union for Circumpolar Health (IUCN)) як захищені – World Database on Protected Areas (WDPA). Причому виключаються області розрахункових сіток із охоронюваною територією більше 20%. Також виключаються високоурбанізовані території.

Європейський досвід ІУВР

Реалізація басейнової моделі інтегрованого управління водними ресурсами є одним з головних принципів Водної рамкової директиви 2000/60/ЄС [35], прийнятої у 2000 р. після 5-річного процесу реструктуризації європейської водної політики [5, с. 21].

Директива стала керівним документом для встановлення цілей охорони вод у ХХІ столітті. Інтегрований підхід до управління водними ресурсами вимагає координації різних видів економічної діяльності, які визначають попит на воду, режими землекористування та об'єми стічних вод. Відповідно до цього підходу основною одиницею управління водними ресурсами стає водозбірний басейн водного об'єкта.

У світовій практиці поняття басейнового підходу використовується лише у зв'язку з інтегрованим управлінням водними ресурсами (ІУВР). Згідно визначенню технічного комітету Глобального водного партнерства, ІУВР – це «процес, який сприяє скоординованому розвитку та управлінню водними, земельними та пов'язаними з ними видами ресурсів для забезпечення максимального економічного і соціального добробуту на справедливій основі без загрози для стійкості життєво важливих екосистем» [6].

Інтегрований підхід до управління водними ресурсами дозволяє збалансовано управляти водними ресурсами, враховуючи соціальні, економічні й природоохоронні інтереси. У ньому беруть участь різні галузі економіки, що використовують і можуть забруднювати воду. За допомогою інтегрованого підходу координується управління водними ресурсами в різних секторах

економіки у різних масштабах – від місцевого до міждержавного рівня. Процес підтримується набором інструментів, зокрема екологічною оцінкою, системами моніторингу, збором та обміном інформацією [7]. Інтегрований підхід дозволяє збалансовано розвивати водні ресурси, враховуючи соціальні, економічні й природоохоронні інтереси. Реалізація стратегії на рівні басейну дає можливість знайти рішення для «всього басейну» та подолати протиріччя між користувачами верхньої та нижньої течії або користувачами з різних регіонів басейну. Підхід «для всього басейну» дозволяє оцінити впливи на системному рівні. Басейновий принцип формує комплексний підхід до досягнення консенсусу і компромісів між конкурентними потребами у водних ресурсах різних секторів економіки і зацікавлених груп суспільства на всіх рівнях, а також досягнення рівності й справедливості у користуванні водними ресурсами різних країн. Використання європейськими країнами басейнового підходу в управлінні водними ресурсами систематично використовувалося і раніше, але річкові басейни стали центральною концепцією в управлінні водними ресурсами лише при введенні в дію ВРД ЄС.

Запровадження ІУВР в Україні

В Україні зроблені перші кроки до запровадження басейнового принципу управління водними ресурсами. Закон України «Про внесення змін до деяких законодавчих актів України щодо впровадження інтегрованих підходів в управлінні водними ресурсами за басейновим принципом» № 1641-VIII, ухвалений Верховною Радою 4 жовтня 2016 р., по суті переводить систему управління водними ресурсами України на басейновий принцип.

Документ урегульовує запровадження гідрографічного і водогосподарського районування території України, планів управління річковими басейнами як стратегічного документу (програми заходів) для інтегрованого управління водними ресурсами в межах річкового басейну, планів управління ризиками затоплення тощо.

За Європейськими стандартами управління водними ресурсами, стан водних ресурсів має бути «добрим». Для досягнення таких високих цілей в

Україні необхідно вжити значну кількість організаційних і технічних заходів. Зокрема, мають бути утворені басейнові ради з метою визначення стратегії сталого і збалансованого управління водними ресурсами кожного окремого річкового басейну, сприяння здійсненню узгоджених дій щодо поліпшення екологічного стану річкового басейну. Виконавчим басейновим органом мають бути басейнові управління водних ресурсів (БУВР). Враховуючи, що майже всі великі річкові басейни є транскордонними, згідно з принципами, викладеними у конвенціях, стороною яких є Україна, для управління ними створюються Міжнародні басейнові комісії. Наразі Україна є членом Міжнародної комісії щодо захисту річки Дунай (ICPDR) та проходить етап створення Комісії для басейну річки Дністер. Цей міжнародний досвід щодо оцінки стану водних екосистем дозволить отримувати методичну, технічну та іншу допомогу для впровадження інтегрованого управління річковими басейнами [5].

Формування всеохоплюючої характеристики стану водних ресурсів та стійкості водних екосистем вимагає збору і систематизації великого обсягу інформації. У Європі цю діяльність здійснює Європейське агентство оточуючого середовища та інші міжнародні організації. В Україні збір та узагальнення такої інформації на державному, регіональному і басейновому рівнях має проводити Мінприроди, Держводагентство, Гідрометцентр та інші учасники проведення моніторингу вод. Нині якість показників, які характеризують водні ресурси, недостатня і неповна [5].

РОЗДІЛ 4. ВИВЧЕННЯ ПОНЯТЬ «ГІДРОЕНЕРГЕТИКА» ТА «ГІДРОЕНЕРГЕТИЧНИЙ ПОТЕНЦІАЛ» В ЗАКЛАДАХ СЕРЕДНЬОЇ ОСВІТИ

4.1. Основні підходи до вивчення гідроенергетики та гідроенергетичного потенціалу на уроках географії

Нестримний розвиток інформаційних технологій, особливо в області мультимедіа, віртуальної реальності і глобальних мереж, створили умови для радикальних перетворень з погляду методів, інформаційного змісту, освітнього простору, які переживає сучасна глобальна освітня система, започаткували інноваційні перетворення в національній освіті, пов'язаних з компетентнісно орієнтованим підходом до навчання – що заснований на оволодінні засобами безперервного самостійного набуття нових знань, який розвиває здібності та уміння адаптуватися до складних, швидкоплинних і непередбачених ситуацій. Зростаюче розмаїття джерел знань та розширення доступу до них відкриває додаткові можливості для навчання, котрі можуть бути менш формалізованими та більш інноваційними [30].

Сучасні виклики сприяли трансформації освітнього процесу та формуванню нових освітніх концепцій, серед яких ключовою стає концепція навчання протягом усього життя (Lifelong Learning). Швидкість та різноманіття змін збільшується, і навчання стає основною діяльністю протягом усього життя. В освітньому процесі все більше значення надається самостійній роботі, рівноправним відносинам між педагогом і учнем. Процес започаткованих змін не змінює сенсу географічної освіти, яка має значний гуманістичний та інтегративний потенціал, відіграє важливу, а можливо і основну роль в оновленні світогляду людини на глобальному і особистісному рівнях.

Сьогодні перед учителем географії поставлено складне методичне завдання – реалізувати на практиці компетентнісний підхід. У географічній освіті це інноваційний напрям, що дає можливість по-новому сприйняти і зрозуміти важливе методичне питання – «з якою метою вчити школярів географії?» [29].

Інструментом забезпечення успіху навчання географії має стати наскрізне застосування в освітньому процесі інформаційно-комунікаційних технологій (ІКТ) (мультимедійні презентації, інтерактивні дошки, електронні словники, довідники, енциклопедії та ін. засоби навчання, аудіо-, відео- техніка, Інтернет-ресурси і т.п.). Сучасний учитель вибирає серед, описаних у методичній літературі технологій і методів, до прикладу: «перевернутий клас», «подієва освіта» «гейміфікація», «бріколаж», змішане навчання (blended learning гібридне)), система управління навчальним процесом (LMS), «хмарне» навчання», «скрайбінг» «кейс-метод» та інших, той, який органічно поєднується з особливостями змісту теми, що вивчається, індивідуальними особливостями учнів та їх підготовкою [33].

Що ж стосується гідроенергетики, то в школах України її вивчають здебільшого в рамках електроенергетики, починаючи з 9 класу. Окрім уроків географії, гідроенергетика є темою для дисципліни «Екологія». Знання, які надають школярам є базовими і практичного значення не несуть. Окрім того, варто зауважити, що при вивченні гідроенергетики на уроках географії увага зосереджується більше на економічному аспекті, ніж на екологічному.

Також важливими є підходи до подання інформації школярам. Велика частка шкіл України (в більшій мірі сільських) не має ресурсів для проведення інтерактивних занять із застосуванням новітніх технологій. Таким чином, проведення уроку і засвоєння нової інформації дітьми залежить від креативу вчителя.

Варто звернути увагу на те, як пандемія Covid-19 вплинула на освітній процес. Дистанційне навчання потребує додаткових ресурсів і нових підходів подання інформації вчителем.

4.2. Особливості використання методів та прийомів при вивченні гідроенергетичного потенціалу річок України в закладах середньої освіти

Вивчення гідроенергетичного потенціалу у закладах середньої освіти України відбувається за допомогою загальних методів вивчення географії [25].

Серед словесних методів застосовують усний виклад знань, бесіда, дискусія (диспут), рольова (ділова) гра, робота з підручником (навчальним посібником, атласом). Загальним для цієї групи методів є те, що джерелом знань виступає слово. Звичайно, кожен з методів має свої специфічні особливості. За допомогою цієї групи методів визначаються основні поняття гідроенергетики, її особливості і відмінності від інших енергетичних категорій, вивчаються вже проаналізовані дані.

Група наочних методів включає демонстрування, ілюстрування, спостереження. За допомогою наочних методів навчання школярі набувають знань в результаті зорового сприйняття окремих процесів і явищ або їх зображень. За допомогою цих методів школярі мають змогу ознайомитись із загальним виглядом гідроелектростанцій, їх конструкціями та принципами роботи. Це дає змогу більше розуміти сутність гідроенергетичного потенціалу та його значимості. Окрім того, методи наочного представлення допомагають зрозуміти, як ефективніше використовувати ресурси річок.

Наочні методи найефективніше використовуються за умов кабінетної системи. У кабінетах географії зібрані підручники, навчальні посібники, тематичні географічні карти, довідкова та методична література, засоби унаочнення (таблиці, схеми, картини, відеозаписи, зразки творчих робіт школярів тощо), відповідні технічні засоби, зразки гірських порід та мінералів, спеціальні прилади для виконання практичних робіт, тематичні стенди та інша наочність. Такі ресурси

Головною ознакою практичних методів є відтворююча (репродуктивна) навчально-пізнавальна діяльність учнів. Практичні методи використовуються для безпосереднього пізнання дійсності, поглиблення знань, формування певних умінь та навичок. До групи практичних методів входять: вправи (завдання), практичні та самостійні роботи. Нажаль, під час вивчення гідроенергетики та гідроенергетичного потенціалу на уроках географії не застосовуються практичні методи. Це на нашу думку є проблемою, адже

практичні справи дають змогу закріпити вивчений теоретичний матеріал та дозволяють більш поглиблено вивчити тему.

Також варто зазначити, що поглиблене вивчення даної теми має бути реалізоване в регіонах, де вона особливо актуальна. Наприклад, у школах Карпатського регіону було б доцільно організувати факультативи з даної тематики, класні години та, безпосередньо, запровадити поглиблене навчання на уроках. Це дасть змогу учням більше розуміти наслідки використання гідроенергетичного потенціалу та його вплив на розвиток регіону [25].

4.3. Аналіз зарубіжного досвіду закладів освіти при вивченні гідроенергетики

В суспільній свідомості країн світу все більшої ваги набувають проблеми захисту природного довкілля і пошуку шляхів виходу з екологічної кризи. Тому тему гідроенергетики у школах багатьох розвинутих країн світу вивчають саме в екологічному аспекті. Гідроенергетика та використання гідроенергетичного потенціалу стали наскрізними темами екологічної освіти.

Екологічна освіта і виховання набули особливої актуальності й розглядаються урядом Німеччини як пріоритетні. Сьогодні надзвичайно актуалізувалося питання формування екологічної свідомості у широких кіл населення, і насамперед у зростаючого покоління – майбутнього держави. Це, у свою чергу, ініціювало кардинальну перебудову змісту шкільної освіти, в якому екологічному компоненту відводиться пріоритетне місце. Слід зазначити, що німецькі педагоги розвивають екологічну освіту з урахуванням рекомендацій провідних освітніх і міжнародних природоохоронних організацій, і в першу чергу ЮНЕСКО, ЮНЕП, МСОП та ін. При цьому вони не механічно переносять узагальнений міжнародний досвід у галузі екологічної освіти в теорію і практику вітчизняного шкільництва, а осмислюють і узгоджують його із здобутками вітчизняної школи і педагогіки [24].

Найважливіші завдання німецької системи екологічної освіти полягають в тому, щоб змінити уявлення і поліпшити знання молодих людей про довкілля,

розвинути їх готовність захищати природу, сформувати у підростаючої моделі екологічно відповідальну поведінку. У вирішенні цих завдань вирішальний внесок повинні внести загальноосвітні школи. Екологічна освіта відштовхується від людини, так як саме людина є причиною катастрофічного забруднення середовища.

У Данії екологічна освіта, особливо в початковій школі, співвідноситься із природничими, соціологічними і гуманітарними підходами. Данські педагоги переконані, що знань самих по собі не достатньо, і вони повинні бути складовою частиною системи цінностей, компонентом якогось екологічного коду сучасної етики [26].

Позиція Ірландії в цілому близька до позиції Данії. Ірландська система екологічної освіти спрямована на рішення таких завдань: сприяти розумінню комплексності взаємодії між людиною та довкіллям; заохочувати інтерес школярів до економічної, соціальної, політичної та екологічної взаємодії в міських і сільських ареалах; надавати кожному школяреві можливість придбати знання, відносини, цінності, досвід прийняття екологічно відповідальних рішень, а також відповідні практичні вміння та навички, необхідні для захисту і оптимізації природного середовища; створювати і впроваджувати в індивідуальну, групову і загальну свідомість нові екологічно грамотні моделі поведінки і діяльності в навколишньому середовищі, сприяти формуванню в окремих громадян, різних соціальних груп нового ставлення до природи; сприяти придбанню школярами широкого практичного досвіду в справі вирішення екологічних проблем; формувати вміння розпізнавати та класифікувати екологічні проблеми, вирішувати проблемні завдання і ситуації [26].

Екологічна освіта в Греції має відповідати наступним вимогам: забезпечувати розуміння не тільки факту реального існування екологічних проблем, а й усвідомлення того, що вони є результатом взаємодії багатьох фінансових, соціальних, політичних та економічних причин, причому як в міських, так і в сільських районах; давати кожному учневі можливість придбати

знання, відчуття цінності природи, відносини, активний інтерес, а також розуміння та навички, необхідні для захисту і оптимізації місцевого навколишнього середовища; мотивувати окремих громадян, соціальні групи і суспільство в цілому засвоїти нові моделі поведінки, що дозволяють краще керувати навколишнім середовищем [28].

За твердженням шведських експертів, мета екологічної освіти полягає в тому, щоб інформувати громадськість і формувати громадську думку і за допомогою цього робити внесок у стійкий розвиток суспільства. При цьому підкреслюється принципово важливе значення морально-етичного аспекту екологічної освіти.

Згідно із законодавством Нідерландів, школи мають право самі вибирати зміст і методи екологічної освіти. В цілому ж екологічна освіта розглядається як важливий інструмент, що дозволяє модифікувати поведінку громадян, зроблять їх більш зацікавленими в питаннях природи [26].

Франція підкреслює важливість придбання екологічних знань, особливо наукових екологічних понять, які необхідні для розуміння біофізичних, економічних і соціальних механізмів функціонування навколишнього середовища [24].

Екологічна освіта в Бельгії націлена на вирішення таких завдань: розуміння екологічних особливостей в навколишньому середовищі що змінюється; формування соціально-комунікативних умінь і навичок, що дозволяють здійснювати ефективну співпрацю між різними групами людей, зацікавленими у вирішенні екологічних проблем; використання різноманітних методів і прийомів з дослідження і охорони навколишнього природного середовища; пробудження у індивіда бажання засвоїти норми особистої відповідальності для того, щоб гарантувати сталий розвиток всього суспільства; привнесення цінностей у систему критичного оцінювання факторів, що впливають на стан навколишнього природного середовища [26,24].

Екологічна освіта в загальноосвітніх школах США характеризується надзвичайною різноманітністю форм, напрямів і методологічних підходів,

глибоким проникненням ідей екологічної етики у зміст практично всіх шкільних дисциплін, залученням широкої громадськості і, особливо, громадських неурядових організацій до процесу формування у молоді норм дбайливого та відповідального ставлення до навколишнього природного середовища. У цій країні загально визнаним являється положення про те, що якщо особистість не володіє поняттям “навколишнє середовище” і не розуміє свого власного ставлення до цього середовища, то вона є безграмотною. Таким чином, провідним завданням екологічної освіти є виховання екологічної грамотності учнівської молоді [26,28].

Екологічне навчання в Китаї стало істотною частиною обов’язкової освіти, хоча уроки екології проводяться головним чином у вигляді факультативів або практикумів за рамками відведеного для шкільних занять часу. Однак іноді навчання екології проводиться на уроках географії та біології в середній школі і на уроках природознавства – в початковій. Школярі оволодівають основами знань про довкілля, вміннями та навичками захисту навколишнього середовища в процесі польових або лабораторних занять [25].

Висока екологічна культура національного господарства Японії була досягнута за допомогою освітніх програм в галузі навколишнього середовища, якою охоплені всі сфери національної професійної підготовки. Японці малорелігійні – у них замість ікони мається вівтар краси – ваза з квітами. Ікебани відомі, мабуть, кожному жителю планети. Відносини японців до природи – це особлива національна психологія, в основі якої лежить групова свідомість. А тому й екологічне виховання у них починається ще задовго до школи [26].

На основі усіх вищенаведених принципів екологічної освіти перелічених країн, ми визначили також і керівні принципи у сфері гідроенергетики, яким вони слідує при викладанні в школі. До них можна віднести наступні:

1. Розвиток гідроенергетики повинен дотримуватися принципів стабільності зі збалансованим урахуванням екологічних, соціальних та економічних факторів.

2. Відновлювальна енергетика, така як гідроенергетика, повинна бути складовою цілісної енергетичної політики. Незадіяний потенціал відновлювальної енергетики, енергозбереження та підвищення енергоефективності є важливими складовими, що розглядаються у рамках цього підходу.
3. Для забезпечення сталого розвитку гідроенергетики та зваженої оцінки різних інтересів суспільства, національні/регіональні гідроенергетичні стратегії мають бути розроблені на основі принципів сталого розвитку.
4. Розвиток відновлювальних джерел сам по собі не може переважати інтереси суспільства. Гідроенергетичний проект не може автоматично отримати перевагу перед інтересами суспільства лише тому, що він вироблятиме енергію з відновлюваних джерел.
5. Розвиток гідроенергетики повинен враховувати вплив зміни клімату на водні екосистеми та водні ресурси (стійкість річкових екосистем, витрати води, сезонні зміни потоку).

ВИСНОВКИ

Під час написання магістерської роботи нами було досліджено та описано сучасний гідроенергетичний потенціал річок Карпатського регіону України. Визначено методику його встановлення та проаналізовано основні річкові басейни Карпат в аспекті гідроенергетики.

Дослідження показали, що Карпатський регіон є досить перспективним з точки зору використання водних річкових ресурсів. Енергія, яку несуть річки Карпат може забезпечити благами цивілізації тисячі населених пунктів. Будівництво мікрогідроелектростанцій та малих ГЕС за сучасними технологіями надасть можливість Україні збільшити свою енергетичну незалежність.

Також потрібно зауважити, що існуючі ГЕС в Україні будувались за старими радянськими стандартами, їм потрібна модернізація та перебудова. Це питання є важливим для сталого розвитку нашої країни та екологічної безпеки. Тому нові гідроенергетичні споруди мають бути сконструйовані з використанням найкращого світового досвіду та відповідати вимогам збереження навколишнього середовища.

Список використаних джерел

1. Атлас економічно доцільного та технічно обґрунтованого гідроенергетичного потенціалу річок Карпатського регіону / О.В. Кириленко, С.П. Денисюк, С.М. Єрлінеков та ін. – К.: НАН України, 2006. – 132 с.
2. Васько П.Ф. Мала гідроенергетика в структурі електроенергетичної галузі України / П.Ф. Васько, В.П. Васько, М.Р. Ібрагімова // Відновлюв. енергетика. – 2015. – № 3. – С. 53-61.
3. Вишневський В.І. Гідрологічні характеристики річок України / В.І. Вишневський, О.О. Косовець. – К.: НікаЦентр, 2003. – 324 с.
4. Гідроенергетика Карпатського регіону. Потенційні можливості та проблемні питання освоєння ресурсів на сучасному етапі / О.М. Карамушка // Гідроенергетика України. — 2016. — № 3-4. — С. 65-68. — укр.
5. Гідроенергетичний потенціал річок України: розвінчання міфів : аналітичний документ / Р. Б. Гаврилюк, Г. К. Веремійчик, та ін. – Київ : Видавництво «Фенікс», 2018. – 32 с.
6. Гребінь В.В. Ретроспективний аналіз досліджень річкової мережі України та застосування типології річок Водної рамкової директиви ЄС на сучасному етапі / В.В. Гребінь, В.К. Хільчевський // Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія. – 2016. – Т. 2(41). – С. 32-47.
7. Екосистемні послуги гірських річок Українських Карпат / О. Станкевич-Волосянчук, Р. Гаврилюк, В. Шаравара. – Ужгород: «РІК-У», 2019. – 32 ст.
8. Кукурудза С.І. Методика оцінки гідроенергетичних ресурсів малих річок (на прикладі Закарпаття) / С.І. Кукурудза, М.І. Сиротюк, Т.Я. Кравченко. – Львів: Вид-во ЛДУ, 1996. – 70 с.
9. Мороз А. В. Аналіз розрахункових досліджень гідроенергетичних ресурсів малих річок України // Відновлювана енергетика. – 2014. – №1. – С. 70–75.

10. Гідрологічні розрахунки для річок України (при відсутності спостережень) / [Вишневський П.Ф., Дрозд Н.Й., Желєзняк Й.А. та ін.]. – К. : Видавництва АН УРСР., 1962. – 388 с.
11. Ободовський О. Методика встановлення гідроенергетичного потенціалу річок (на прикладі річок Українських Карпат) / О. Ободовський, К. Данько, О. Почаєвець, Ю. Ободовський // Вісник Київського національного університету імені Тараса Шевченка. – 2016. – Вип. 1 (64). – С. 5-12.
12. Ободовський О. Г. Коротка історія розвитку та сучасний стан малої гідроенергетики на рівнинних річках України / О. Г. Ободовський, Е. Р. Рахматуліна, Л. М. Тимуляк // Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія. – 2016. – Т. 4. – С. 94-106.
13. Ободовський О. Г. Середній річний водний стік річок Українських Карпат та особливості його територіального розподілу / О. Г. Ободовський, О. І. Лук'янець, О. С. Коноваленко, В. О. Корнієнко // Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія. – 2016. – Т. 4. – С. 25-32.
14. Павелко А., Проць Б., Станкевич-Волосянчук О. Гідроенергетика у Карпатах: міфи та реальність. – Львів, 2015. – 40с.
15. Паламарчук М. М. Водний фонд України : Довідковий посібн. / М. М. Паламарчук, Н. Б. Закорчевна ; за ред. В. М. Хорева, К. А. Алієва. – К. 2001.
16. Про альтернативні джерела енергії : Закон України від 20.02.03, № 555-IV // Відомості Верховної Ради України (ВВР). – 2003. – № 24, ст. 155.
17. Про внесення змін до деяких законів України щодо встановлення "зеленого" тарифу : Закон України // Відомості Верховної Ради України (ВВР). – 2009. – N 13, ст.155.
18. Про внесення змін до деяких законів України щодо забезпечення конкурентних умов виробництва електроенергії з альтернативних джерел енергії : Закон України від 04.06.15, № 514-VIII // Відомості Верховної Ради України (ВВР). – 2015. – № 33, ст.324.

19. Про електроенергетику : Закон України від 16.10.97, № 575/97- ВР // Відомості Верховної Ради України (ВВР). – 1998. – № 1, ст. 1.
20. Про внесення змін до Закону України «Про електроенергетику» щодо стимулювання виробництва електроенергії з альтернативних джерел енергії : Закон України від 20.11.12, № 5485-VI // Відомості Верховної Ради України (ВВР). – 2013. – № 51, ст. 714.
21. Розпорядження Кабінету міністрів України Про схвалення Програми розвитку гідроенергетики на період до 2026 року від 13 липня 2016 р. № 552-р // Офіційний вісник України від 09.08.16 – 2016 р., № 60, с. 175, ст. 2065.
22. Яцик А.В. Водні ресурси: використання, охорона, управління / А.В. Яцик. - К.: Генеза, 2017. – 360 с.
23. Водна Рамкова Директива ЄС 2000/60/ЄС : основні терміни та їх визначення / [підгот. : Алієв К. та ін.]. – Вид. офіц. – К., 2006. [Електронний ресурс] – Режим доступу: http://zakon5.rada.gov.ua/laws/show/994_b29
24. Загородня Л., Данильченко І. «Упровадження досвіду екологічної освіти країн Європейського Союзу у процес формування еколого-педагогічної культури в майбутніх вихователів» [Електронний ресурс] – Режим доступу:<http://188.190.33.55:7980/jspui/bitstream/123456789/4726/1/SPK%20263-265.pdf>
25. Медведєва О. В.; Мірзак, Т. П. «До питання про підвищення ролі екологічної освіти в Україні. Екологічні проблеми сучасності та шляхи їх вирішення» 2016, 14. [Електронний ресурс] – Режим доступу: <https://core.ac.uk/download/pdf/84826245.pdf#page=14>
26. Писанка К. О. «Проблеми екологічної освіти та виховання в різних країнах світу». Молодий вчений, 2014, 4 (07)(2): 65-71 [Електронний ресурс] – Режим доступу: http://www.irbis-nbuv.gov.ua/cgi-bin/irbis_nbuv/cgiirbis_64.exe?C21COM=2&I21DBN=UJRN&P21DBN=UJR

N&IMAGE_FILE_DOWNLOAD=1&Image_file_name=PDF/molv_2014_4(07)(2)_19.pdf

27. Річки України [Електронний ресурс] – Режим доступу: <https://river.land.kiev.ua/hydro-zoning.html>
28. Січко, І. (2011). «Особливості екологічної освіти у вищих навчальних закладах зарубіжних країн».[Електронний ресурс] – Режим доступу: <http://journals.uran.ua/index.php/2306-5532/article/view/18554>
29. Топузов О. М., Вішнікіна Л. П. Компетентнісний підхід в умовах оновленого навчання географії в загальноосвітній школі – 2012. [Електронний ресурс] – Режим доступу: <http://dspace.pnpu.edu.ua/handle/123456789/7275>
30. Топузов О. М., Надтока О. Ф. (2015). Зміна ролі вчителя в навчальному середовищі—одне з основних завдань сучасної методики навчання географії. Педагогіка вищої та середньої школи, (45), 191-197. [Електронний ресурс] – Режим доступу: http://www.irbis-nbuv.gov.ua/cgi-bin/irbis_nbuv/cgiirbis_64.exe?C21COM=2&I21DBN=UJRN&P21DBN=UJRN&IMAGE_FILE_DOWNLOAD=1&Image_file_name=PDF/PVSSh_2015_4_5_39.pdf
31. Укргідроенерго / Основні показники [Електронний ресурс] – Режим доступу: https://uhe.gov.ua/diyalnist/osnovni_pokaznyku
32. Усе що треба знати про українські ГЕС / Журнал «Український тиждень» №35 (96) від 28.08.2009 [Електронний ресурс] – Режим доступу: <https://tyzhden.ua/Publication/1931>
33. Яковлева В. А., Кононюк. Д. В. «Сучасні методи навчання географії». Особистість, сім'я і суспільство: питання педагогіки та психології (2020): 134-136. [Електронний ресурс] – Режим доступу: http://eprints.zu.edu.ua/31903/1/pedagogyviv_%D0%BD%D0%BE%D1%8F%D0%B1%D1%80%D1%8C_2020-134-136.pdf

ДОДАТКИ



Рис. 1.1 Гідрологічне районування України, [27]



Рис. 1.1 Каскади GES та ГАЕС України



Умовні позначення

- Басейн річок 1-го порядку
- Басейн річок 2-го порядку
- Басейн річок 3-го порядку

- | | | |
|-----------------------|-------------------------|-----------------------------------|
| Басейн р. Дніпро | Басейн р. Південний Буг | Басейн р. Дністер |
| 1. Басейн р. Прип'ять | 15. Басейн р. Синюха | Басейн р. Вісла (Західний Буг) |
| 2. Басейн р. Тетерів | 16. Басейн р. Інгул | Басейн р. Дон (Сіверський Донець) |
| 3. Басейн р. Ірпінь | Басейн р. Дунай | Басейн річок Причорномор'я |
| 4. Басейн р. Рось | 12. Басейн р. Тиса | Басейн річок Приазов'я |
| 5. Басейн р. Інгулець | 13. Басейн р. Прут | Басейн річок Криму |
| 6. Басейн р. Самара | 14. Басейн р. Серет | |
| 7. Басейн р. Орель | | |
| 8. Басейн р. Ворксла | | |
| 9. Басейн р. Псел | | |
| 10. Басейн р. Сула | | |
| 11. Басейн р. Десна | | |
| 17. Басейн р. Стир | | |
| 18. Басейн р. Горинь | | |
| 19. Басейн р. Уборть | | |
| 20. Басейн р. Уж | | |

Рис. 1.1 Басейни річок України, [27]