

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

Чернівецький національний університет

імені Юрія Федьковича

Географічний факультет

Кафедра географії України та регіоналістики

**ГІДРОЕНЕРГЕТИЧНИЙ ПОТЕНЦІАЛ МАЛИХ РІЧОК
КАРПАТСЬКОГО РЕГІОНУ**

Дипломна робота

Рівень вищої освіти – другий (магістр)

Виконав:

студент 2 курсу 617 групи

спеціальності 103 «Науки про Землю»

ОПП «Гідрологія»

Федун Микола Васильович

Науковий керівник:

к.геогр.н., доцент Пасічник Микола Дмитрович

До захисту допускаються:

Протокол засідання кафедри № 22

від «25» 11 2024 р.

Завідувач кафедри _____ д.геогр.н, професор Іван КОСТАЩУК

Чернівці - 2024

АНОТАЦІЯ

У роботі досліджено гідроенергетичний потенціал малих річок Карпатського регіону, який є важливим джерелом відновлюваної енергії. Розглянуто природні та антропогенні передумови формування гідроенергетичних ресурсів, включаючи особливості рельєфу, клімату, гідрологічного режиму та впливу людської діяльності. Окреслено основні характеристики малих гідроелектростанцій (МГЕС), їхню роль у задоволенні енергетичних потреб місцевих громад, а також їхній екологічний вплив.

Робота акцентує увагу на перспективності використання малих річок для генерації екологічно чистої енергії, зокрема на прикладі річок Сірет, Черемош, Прут та інших. Проаналізовано сучасний стан і можливості розвитку малих ГЕС у регіоні, а також надано рекомендації щодо їхнього сталого впровадження з урахуванням екологічних обмежень та потреб місцевого населення.

Ключові слова: гідроенергетичний потенціал, Українські Карпати, річка Сірет, малі річки, малі гідроелектростанції.

ABSTRACT

The paper investigates the hydropower potential of small rivers in the Carpathian region, which is an important source of renewable energy. The natural and anthropogenic prerequisites for the formation of hydropower resources are considered, including the features of the relief, climate, hydrological regime and the impact of human activity. The main characteristics of small hydroelectric power plants (SHPs), their role in meeting the energy needs of local communities, as well as their environmental impact are outlined.

The paper focuses on the prospects for using small rivers to generate environmentally friendly energy, in particular on the example of the Siret, Cheremosh, Prut and other rivers. The current state and opportunities for the development of small hydroelectric power plants in the region are analyzed, and recommendations are provided for their sustainable implementation, taking into account environmental constraints and the needs of the local population.

Keywords: hydropower potential, Ukrainian Carpathians, Siret River, small rivers, small hydroelectric power plants.

Дипломна робота містить результати власних досліджень. Використання ідей, результатів і текстів наукових досліджень інших авторів мають посилання на відповідні джерела.



Микола ФЕДУН

З М І С Т

ВСТУП	1
РОЗДІЛ 1. ТЕОРЕТИКО-НАУКОВІ ОСНОВИ ДОСЛІДЖЕННЯ ГІДРОЕНЕРГЕТИЧНОГО ПОТЕНЦІАЛУ МАЛИХ РІЧОК	7
1.1. Мала гідроенергетика як перспектива української електроенергетики.....	7
1.2. Малі річки Карпатського регіону як потенційні джерела виробництва електроенергії	10
1.3. Методика дослідження гідроенергетичного потенціалу	17
Висновки до розділу 1	23
РОЗДІЛ 2. ПЕРЕДУМОВИ ФОРМУВАННЯ ГІДРОЕНЕРГЕТИЧНОГО ПОТЕНЦІАЛУ МАЛИХ РІЧОК КАРПАТСЬКОГО РЕГІОНУ	25
2.1 Тектоніко-літологічна характеристика Карпатського регіону	25
2.2 Кліматична характеристика Карпатського регіону	27
2.3 Гідрологічна характеристика Українських Карпат	31
2.4 Біогеографічна та екологічна характеристика Прут-Сіретського Передкарпаття	34
Висновок до розділу 2	35
РОЗДІЛ 3. ГІДРОЕНЕРГЕТИЧНИЙ ПОТЕНЦІАЛ РІЧКИ СІРЕТ	37
3.1 Кам'янська ГЕС.....	37
3.2 Обчислення гідроенергетичного потенціалу	40
3.3 Проблеми та перспективи будівництва нової Кам'янської ГЕС ...	45
Висновок до розділу 3	49
ВИСНОВКИ	51
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	53
ДОДАТКИ.....	55

ВСТУП

Гідроенергетика відіграє важливу роль у забезпеченні енергетичної безпеки та сталого розвитку суспільства. Однією з перспективних галузей відновлюваної енергетики є використання гідроенергетичного потенціалу малих річок. Цей напрямок особливо актуальний для Карпатського регіону України, який вирізняється високою концентрацією водних ресурсів, розмаїттям річкових систем та сприятливими природними умовами для розвитку малої гідроенергетики.

Малі гідроелектростанції (МГЕС) демонструють ряд переваг: екологічну безпечність, локальний характер використання енергії, а також можливість зменшення залежності від викопних енергоносіїв. Разом із тим, розробка та впровадження проектів у сфері малої гідроенергетики потребують глибокого аналізу гідрологічних, екологічних та економічних аспектів, особливо у регіонах із складним рельєфом та багатим природним середовищем, як-от Карпати.

Актуальність теми зумовлена не лише зростаючим попитом на альтернативні джерела енергії, але й необхідністю збереження унікальної екосистеми Карпатського регіону, яка відіграє важливу роль у підтримці екологічної рівноваги країни.

У роботі буде проаналізовано сучасний стан використання гідроенергетичних ресурсів у Карпатському регіоні, окреслено перспективи розвитку малої гідроенергетики, а також розглянуто можливі шляхи мінімізації впливу таких проектів на довкілля.

Це дослідження сприятиме поглибленню розуміння потенціалу малих річок Карпат для розвитку гідроенергетики та слугуватиме основою для розробки стратегій ефективного управління водними ресурсами в регіоні.

Об'єктом даного дослідження є гідроенергетичний потенціал малих річок Карпатського регіону України, зокрема на прикладі річки Сірет, яка розташована в межах Чернівецької області, з її значним гідроенергетичним

потенціалом. Предметом дослідження виступають перспективи використання цього потенціалу для розвитку електроенергетики регіону, зокрема можливості впровадження проектів будівництва малих гідроелектростанцій.

Метою роботи є вивчення можливостей використання гідроенергетичних ресурсів річки Сірет на території Буковинського Передкарпаття для будівництва малих гідроелектростанцій, а також обґрунтування оптимальних шляхів їх раціонального використання.

Завдання дослідження

Для досягнення поставленої мети були визначені такі основні завдання:

- вивчити теоретико-методологічні основи гідроенергетичного потенціалу малих річок;
- здійснити аналіз фізико-географічних умов річки Сірет з метою оцінки їх впливу на формування водноенергетичних ресурсів;
- провести польові дослідження гідрологічних параметрів річки Сірет;
- оцінити перспективи виробництва електроенергії на основі гідроенергетичних ресурсів, зокрема шляхом будівництва малих ГЕС;
- визначити переваги та недоліки впровадження малих гідроелектростанцій у регіоні, враховуючи екологічні, економічні та соціальні аспекти.

Це дослідження має на меті сприяти оптимізації використання природних ресурсів малих річок, враховуючи потреби розвитку регіону та необхідність збереження природного середовища.

Методологічною основою наукового дослідження виступали наукові праці Авакян О.Б., Баранова В.О., Бернштейна Л.Б., Гинко С.С., Дрозда М.І., Золотарева Т.Л., Паламарчук М.М., Закорчової Н.Б., Ющенко Ю.С.,

Пасічника М.Д., Кирилюка А.О., Паланичко О.В., Субботіна О.С., Лутаєва В.В., Золотухіна В.І., Яцика А.В. та інших.

Методична основа базується на системному підході із використанням картографічного, літературно-описового, аналітичного, математичного та інших методів наукового пізнання.

Інформаційною базою для написання роботи слугували наукові праці з питань гідроенергетики, наукові статті з питань малої гідроенергетики, архівні матеріали Державного архіву Чернівецької області, результати власних польових досліджень.

У роботі вперше подана за останні кілька десятиліть сучасна гідроенергетична характеристика річки Сірет та досліджено перспективи діяльності на ній малих гідроелектростанцій. Результати роботи можуть використовуватися для розробки програми використання гідроенергетичних ресурсів малих річок Буковинського Передкарпаття з метою розвитку виробництва електроенергії регіону та, відповідно, з мінімізацією впливу на навколишнє середовище. Результати роботи доповідалися на наукових учнівських конференціях у Чернівецькій області.

РОЗДІЛ 1

ТЕОРЕТИКО-НАУКОВІ ОСНОВИ ДОСЛІДЖЕННЯ ГІДРОЕНЕРГЕТИЧНОГО ПОТЕНЦІАЛУ МАЛИХ РІЧОК

1.1 Мала гідроенергетика як перспектива української електроенергетики

Гідроенергетичний потенціал малих річок України становить близько 12,5 млрд кВт×год, що відповідає приблизно 28% від загального потенціалу всіх річок країни (Додатки 1 і 2) [1]. Основною перевагою малої гідроенергетики є економічність виробництва електроенергії, оскільки відсутність витрат на паливо під час її генерації сприяє позитивному економічному та екологічному ефекту.

Мала гідроенергетика використовує гідропотенціал малих річок. Відповідно до міжнародної класифікації ООН, до малих ГЕС відносять станції потужністю 1–30 МВт, міні-ГЕС – 100–1000 кВт, а мікро-ГЕС – до 100 кВт [2]. Їх впровадження сприятиме значній економії паливно-енергетичних ресурсів, децентралізації енергосистеми, покращенню енергопостачання віддалених і важкодоступних районів та вирішенню низки соціальних, економічних і екологічних проблем у сільській місцевості, зокрема в районних центрах.

Малі, міні- та мікро-ГЕС можуть забезпечити енергопотреби регіонів Західної України, а в окремих районах Закарпатської та Чернівецької областей – навіть повне енергозабезпечення. Україна має необхідний науково-технічний і виробничий потенціал для розвитку малої гідроенергетики, включно з проектуванням обладнання, дослідженням потенціалу річок та вирішенням екологічних і водогосподарських проблем.

Будівництво малих ГЕС в Україні розпочалося ще на початку ХХ століття, а в середині століття їх кількість сягала 1,5 тисячі. Проте з введенням потужних ТЕС і АЕС у 1960-х роках розвиток МГЕС

припинився, і більшість станцій було виведено з експлуатації [3, с. 192–193; 4].

У розвинених країнах світу малі ГЕС активно експлуатуються. Наприклад, у Німеччині їх встановлена потужність досягає 1,5 ГВт, у Франції – 2 ГВт, в Італії – майже 2,3 ГВт, а в Китаї працює 83 тисячі МГЕС, що генерують до 20% всієї електроенергії країни [5].

В Україні з 2008 року, після запровадження «зеленого» тарифу, почалося відновлення старих МГЕС, збудованих у першій половині ХХ століття. Однак технічний стан багатьох діючих ГЕС потребує серйозної уваги через значний знос обладнання, замулення водойм, розмиви берегів і зростання забору води на інші потреби.

Для подальшого розвитку малої гідроенергетики в Україні необхідно:

- реконструювати та оновлювати існуючі МГЕС;
- будувати нові МГЕС у регіонах із децентралізованим енергопостачанням;
- створювати МГЕС на існуючих перепадах водосховищ і водотоків у зонах централізованого енергопостачання [6].

Розвиток малої гідроенергетики в Україні є стратегічно важливим, враховуючи сучасні виклики у сфері енергетики, кліматичних змін та економічного зростання. Цей сектор має низку переваг, які можуть позитивно вплинути на сталий розвиток країни.

Малі гідроелектростанції належать до відновлюваних джерел енергії, що сприяє зниженню викидів парникових газів. Використання місцевих водних ресурсів зменшує потребу в енергоносіях, які імпортуються, що, в свою чергу, знижує екологічне навантаження, пов'язане з видобутком, транспортуванням і спалюванням викопного палива. Крім того, МГЕС можуть знижувати ризики паводків, регулюючи стік води в річках.

Розвиток малої гідроенергетики забезпечує створення нових робочих місць у регіонах, зокрема в сільській місцевості. Це сприяє підвищенню

добробуту місцевих громад і скороченню міграції населення. Інвестиції в цей сектор дають можливість залучати приватний капітал, зміцнюючи економіку регіонів і сприяючи децентралізації енергетичної системи.

МГЕС можуть бути інтегровані з іншими проєктами, такими як водопостачання, зрошення або рекреаційні зони. Наприклад, облаштування територій навколо малих ГЕС може сприяти розвитку туризму. Це особливо актуально для Карпатського регіону, який має величезний туристичний потенціал.

Однак, попри всі переваги, розвиток малої гідроенергетики стикається з низкою викликів. Серед них:

1. **Екологічні ризики:** неправильно спроектовані чи експлуатовані МГЕС можуть негативно впливати на екосистеми річок, перешкоджаючи природній міграції риб і зменшуючи біорізноманіття.

2. **Фінансові та технічні обмеження:** оновлення існуючої інфраструктури вимагає значних інвестицій, а відсутність сучасного обладнання може ускладнити виконання проєктів.

3. **Регуляторні бар'єри:** недосконалість законодавства і складні дозвільні процедури стримують розвиток галузі.

Для подолання цих проблем необхідно:

- Розробити державну програму підтримки малої гідроенергетики, яка включатиме пільгові кредити та гранти на будівництво та модернізацію ГЕС.
- Спростувати дозвільні процедури та забезпечувати прозорість у видачі ліцензій.
- Впроваджувати екологічно безпечні технології, які мінімізують вплив на довкілля, наприклад, будівництво рибопрохідних споруд.
- Підтримувати локальне виробництво обладнання, що зменшить витрати на його імпорт і підвищить конкурентоспроможність українських підприємств.

Малі ГЕС, за умови їх раціонального використання, можуть стати важливим інструментом у забезпеченні енергетичної незалежності України, сприяти сталому розвитку регіонів і поліпшувати якість життя населення.

1.2 Малі річки Карпатського регіону як потенційні джерела виробництва електроенергії

В Україні відновлення малої гідроелектрогенерації розпочалось лише на початку нового тисячоліття. Рентабельність генерації і досить швидка окупність проектів (близько 5-7 років) зацікавила приватного інвестора. Станом на початок 2015 року в Україні діяло більше 100 МГЕС із загальною встановленою потужністю близько 80 МВт, що наразі виробляють близько 250 млн. кВт×год на рік.

За потенційними запасами гідроенергії Карпатський регіон (Закарпатська, Львівська, Чернівецька та Івано-Франківська області) належить до найперспективніших районів розвитку малої гідроенергетики. Тут зосереджений 61% від загального гідроенергетичного потенціалу малих рік України.

Карпатський регіон являється привабливим для інвесторів через запаси гідроенергії, тому тут наявне зосередження будівництва МГЕС, багато з яких являються ще запланованими. На початку 2015 року в регіоні працюють 13 МГЕС, ще є декілька на стадії будівництва, на кількох із них будівництво зупинене через протести громад. Загальна потужність діючих МГЕС становить 12,1 МВт, вони здатні виробляти близько 38 млн. кВт×год на рік, що становить 15% від загального виробітку по Україні.

В табл. 1.1 представлені діючі МГЕС станом на 1 серпня 2023 року [7].

Таблиця 1.1

Діючі МГЕС Карпатського регіону

Назва	Річка (басейн)	Адреса розміщення	Потужність, кВт	Рік будівництва (відродження)	Власник/ орендатор
Білинська ГЕС	Чорна Тиса (Тиса)	Закарпатська обл., Рахівський р-н, с. Білин	630	2006	ТОВ «Енергія Карпат»
Золотолипська ГЕС	Золота Липа (Дністер)	Івано-Франківська обл., Тлумецький р-н, с. Золота Липа	300	2012	ТОВ «Енергоінвест»
Краснянська ГЕС	Тересва (Тиса)	Закарпатська обл., Тячівський р-н, с. Красна	800	2011	ПП «Укрелектро- буд»
Новошицька ГЕС	Бистриця Тисменицька (Дністер)	Львівська обл., Дрогобицький р-н, с. Новошичі	165	1950 (2013)	ТОВ «АквановаІнве- стмент»
Оноківська ГЕС	Уж (Лаборець)	Закарпатська обл., Ужгородський р-н, с. Оноківці	2650	1937	ПАТ «Закарпаття- обленерго»
Пробійнівська ГЕС-1	Пробійнівка (Білий Черемош)	Івано-Франківська обл., Верховинський р-н, с. Пробійна	1200	2009	ФОП Миронюк В.В.
Пробійнівська ГЕС-2	Пробійнівка (Білий Черемош)	Івано-Франківська обл., Верховинський р-н, с. Пробійна	182	2013	ФОП Миронюк В.В.
Снятинська ГЕС	Прут (Дунай)	Івано-Франківська обл., Снятинський р-н, м. Снятин	800	1959 (2005)	ТОВ «Енергоінвест»
Тур'я- Полянська ГЕС-1	Шипіт (Тур'я)	Закарпатська обл., Перечинський р-н, с. Тур'я Поляна	1050	2012	ПП «Комерц- консалт»
Тур'я- Полянська ГЕС-2	Шипіт (Тур'я)	Закарпатська обл., Перечинський р-н, с. Тур'я Поляна	1000	2014	ТОВ «Зелена Технологія»
Ужгородська ГЕС	Уж (Лаборець)	Закарпатська обл., м. Ужгород	1900	1937	ПАТ «Закарпаття- обленерго»
Яблуницька ГЕС	Білий Черемош (Прут)	Чернівецька обл., Путильський р-н, с. Яблуниця	1000	1961 (2009)	ЗЕА «Новосвіт»
Явірська ГЕС	Стрий (Дністер)	Львівська обл., Турківський р-н, с. Явора	450	1956 (2008)	ТОВ «Енергоінвест»

Опис зазначених малих гідроелектростанцій базується на географічному розташуванні, особливостях їхньої роботи, а також їхньому впливі на регіони.

1. Білинська ГЕС

- Розташування: Закарпатська область, село Білин.
- Особливості: Встановлена на річці Чорна Тиса. Греблева ГЕС, яка забезпечує енергією прилеглі сільські райони.
- Екологічний аспект: Мінімальний вплив на місцеві екосистеми, оскільки конструкція адаптована до природного режиму річки.

2. Золотолипська ГЕС

- Розташування: Тернопільська область, річка Золота Липа.
- Особливості: Використовує дериваційну систему для збільшення енергетичної ефективності.
- Внесок: Забезпечує електроенергією невеликі населені пункти та сільськогосподарські підприємства.

3. Краснянська ГЕС

- Розташування: Закарпатська область, поблизу села Красна.
- Особливості: Розташована на річці Краснянка, що є притокою річки Тересва.
- Примітка: Одне з ключових джерел локальної енергії для віддалених населених пунктів.

4. Новошицька ГЕС

- Розташування: Івано-Франківська область, річка Лімниця.
- Особливості: Використовує потужний гірський потік для стабільної генерації енергії.
- Екологічний аспект: Забезпечує локальне населення, мінімізуючи потребу в централізованих джерелах енергії.

5. Оноківська ГЕС

- Розташування: Закарпатська область, село Оноківці, на річці Уж.
- Особливості: Одна з найстаріших МГЕС регіону, яка успішно модернізована.
- Внесок: Забезпечує стабільну роботу локальної енергомережі.

6. Пробійнівська ГЕС-1 і 7. Пробійнівська ГЕС-2

- Розташування: Івано-Франківська область, річка Черемош, поблизу села Пробійнівка.
- Особливості: Обидві станції працюють у тандемі для забезпечення максимального використання водного потоку.
- Примітка: Є прикладом ефективного поєднання двох станцій для збільшення енергетичної потужності.

8. Снятинська ГЕС

- Розташування: Івано-Франківська область, місто Снятин, на річці Прут.
- Особливості: Важливий об'єкт для місцевої громади, яка залежить від відновлюваних джерел енергії.
- Екологічний аспект: Сучасні технології дозволяють знизити вплив на водну екосистему.

9. Тур'я-Полянська ГЕС-1 і 10. Тур'я-Полянська ГЕС-2

- Розташування: Закарпатська область, село Тур'я Поляна, на річці Туриця.
- Особливості: Обидві станції працюють із дериваційними каналами, які мінімізують втрати потоку.
- Внесок: Забезпечують енергетичні потреби села та прилеглих територій.

11. Ужгородська ГЕС

- Розташування: Закарпатська область, місто Ужгород, річка Уж.

- **Особливості:** Одна з найбільш модернізованих МГЕС у регіоні, яка поєднує функції енергогенерації та регулювання водного стоку.

- **Примітка:** Впливає на стабілізацію роботи локальної енергетичної системи.

12. Яблуницька ГЕС

- **Розташування:** Івано-Франківська область, село Яблуниця, річка Прут.

- **Особливості:** Використовує значний перепад висот для ефективної генерації енергії.

- **Екологічний аспект:** Забезпечує екологічно чисту енергію з мінімальним втручанням у природний ландшафт.

13. Явірська ГЕС

- **Розташування:** Львівська область, село Явір, річка Стрий.

- **Особливості:** Греблева МГЕС із модернізованим обладнанням для стабільної роботи.

- **Примітка:** Важлива для зменшення енергозалежності сільської місцевості.

Ці МГЕС є важливими об'єктами для енергетичної незалежності регіонів, сприяють сталому розвитку громад, знижують викиди вуглецю та підтримують екологічно орієнтовану енергетику. Водночас вони потребують ретельного моніторингу, щоб уникнути негативних екологічних наслідків.

Типи МГЕС:

- **Річкові (без дамб):** Використовують природний потік річки без створення великих водосховищ. Зазвичай встановлюються в місцях із природним перепадом висот.

- **Греблеві:** Включають невеликі греблі для створення додаткового перепаду води. Такі конструкції дозволяють акумулювати воду для роботи в періоди зниженої витрати.

- **Дериваційні:** Забирають частину води з річки через дериваційний канал чи трубу, направляючи її до турбін.

Як показує аналіз, гідроенергетичний потенціал Карпатського регіону наразі використовується лише частково. На Прикарпатті, зокрема, визначено перспективні місця для будівництва малих гідроелектростанцій (МГЕС), що відображено у схемі, представлений в Додатку 3 [8, с. 53]. Це свідчить про значний потенціал регіону для розширення використання малої гідроенергетики.

Для оцінки перспектив будівництва МГЕС у Буковинському Передкарпатті, особливо на річці Сірет, було проведено детальні гідрологічні дослідження. Під час роботи вивчено різні методи визначення гідроенергетичного потенціалу, що дозволило оцінити ефективність використання водних ресурсів цієї річки. Зокрема, було враховано особливості водного стоку, сезонні коливання витрат води та наявні перепади висот, які можуть стати основою для створення нових МГЕС.

Річка Сірет, як частина водної системи Буковинського Передкарпаття, має значний потенціал для розміщення гідроенергетичних об'єктів. Її гідрологічні характеристики дозволяють прогнозувати успішність реалізації проектів малої гідроенергетики, особливо в контексті забезпечення енергонезалежності віддалених районів регіону. Крім того, будівництво МГЕС на Сіреті може створити додаткові переваги, такі як регулювання стоку води для попередження паводків, забезпечення зрошення та покращення умов для ведення господарської діяльності.

Залучення сучасних методів оцінки потенціалу, таких як математичне моделювання стоку, використання геоінформаційних систем (ГІС) і польові дослідження, забезпечить точність даних і підвищить ефективність проєктування. Таким чином, річка Сірет має всі шанси стати зразковою платформою для розвитку малої гідроенергетики у регіоні, поєднуючи економічні, екологічні та соціальні вигоди.

1.3 Методика дослідження гідроенергетичного потенціалу

Для визначення гідроенергетичного потенціалу річки Сірет нами була розроблена методика дослідження гідроенергетичного потенціалу, що включає в собі наступні чотири етапи досліджень:

- підготовчий;
- польових досліджень;
- камеральний;
- заключний.

На підготовчому етапі було детальне дослідження термінів «гідроенергія» та «гідроенергетичний потенціал», вивчено різні методи визначення гідроенергетичного потенціалу та розроблено план польових досліджень. Етап польових досліджень включав гідрологічні виміри на різних ділянках річки Сірет, занесення їх у бланки досліджень. На камеральному етапі були оброблені бланки польових досліджень, визначено гідроенергетичний потенціал річки Сірет. Заключний етап полягав у визначенні перспектив будівництва МГЕС на Сіреті та написання висновків.

Підготовчий етап. Маса води, яка проходить по руслі річки від витoku до її гирла виконує певну роботу і, зрозуміло, володіє певним запасом енергії. Ця енергія називається *гідроенергією*, а сукупність її для даної річки чи річкового басейну називається *гідроенергетичними ресурсами річки чи басейну*.

Протікаючи, вода в річці здатна виконувати роботу, тому що вона рухається з вищих місць у нижчі. Вода тече внаслідок дії сили земного тяжіння. Чим більшу кількість води має водний потік, чим швидше вона тече і чим більший перепад висот, тим більшу кількість енергії руху (кінетичної енергії) вона має [9, с. 145].

Роботу, що виконує річка, і кількість гідроенергії, що міститься в будь-якій ділянці річки, можна виразити математично наступним шляхом.

За загальновідомими законами фізики робота визначається рівнянням $A = F \times S$, де A – виконана робота у Дж; F – сила, що виконує роботу у Н; S – відстань, на яке перемістилось тіло внаслідок дії сили F . Через масу тіла силу F можна виразити формулою $F = ma$, де m – маса тіла у кг, a – прискорення у м/с². Звідси маємо рівняння $A = maS$.

Нехай в річному потоці на певній ділянці обмеженій створами є певна кількість води масою m кг. Вода тече вниз під дією сили тяжіння від першого створа з висотою H_1 до другого з висотою H_2 . Сила земного тяжіння виконає роботу:

$$A = mg(H_1 - H_2) = mg\Delta H, \quad (1.1)$$

де g – прискорення сили земного тяжіння, становить 9,81 м/с².

Потужність визначається як відношенням виконаної роботи до часу, затраченого на виконання даної роботи. Тобто $N = \frac{A}{t}$, де N – потужність у Вт, t – час виконання роботи A у с.

Для визначення потужності річкового потоку N_p , потрібно роботу A_p , що виконує кількість води масою m , і яка чисельно дорівнює роботі сили тяжіння з формули (1.1), поділити на час t виконання цієї роботи.

$$N_p = \frac{A_p}{t} = \frac{mg\Delta H}{t}, \quad (1.2)$$

Масу води m можна розписати наступним чином: $m = \rho V$, де ρ – густина води, що становить 1000 кг/м³; V – об'єм води у м³. Підставивши це рівняння у формулу (1.2), отримаємо наступну формулу:

$$N_p = \frac{\rho V g \Delta H}{t}, \quad (1.3)$$

Витрата води в річці – кількість води, що протікає через поперечний переріз річки за одиницю часу. Витрату води в річці можна визначити за формулою:

$$Q = \frac{V}{t}, \quad (1.4)$$

де Q – витрата води в річці в $\text{м}^3/\text{с}$; V – об'єм води, що проходить через поперечний переріз річки у м^3 за час t с.

Підставивши дані з формули (1.4) у формулу (1.3), отримаємо рівняння для визначення потужності річкового потоку:

$$N_p = \rho Q g \Delta H, \quad (1.5)$$

Досліджуючи формулу (1.5), можна сказати, що одиниця вимірювання потужності річкового потоку в даному випадку буде вимірюватись у Вт, а для переведення Вт у кВт достатньо результат поділити на 1000 (від слова «кіло» - тисяча), що чисельно дорівнює густині води. Тобто, кінцеву формулу для визначення потужності водотоку у кВт можна записати таким чином:

$$N_p = 9,81 Q \Delta H, \quad (1.6)$$

З формули (1.2) маємо наступне: $A_p = N_p t$, отже, кількість роботи у $\text{кВт} \times \text{год}$, що виконає річка за певний час t год, матиме наступний вигляд:

$$A_p = 9,81 Q \Delta H t, \quad (1.7)$$

За допомогою формули (1.7) можна визначити і енергію водотоку.

Для визначення теоретичного гідропотенціалу в практиці розрахунків використовують наступні методи:

Поділ водотоків на ділянки при визначенні їх потенційних енергоресурсів здійснюється з урахуванням похилу річки, точок перелому профілю, місць впадіння крупних приток і відповідного збільшення стоку, а також залежно від наявності найбільш вигідних створів за топографічними, геологічними і техніко-економічними умовами.

Суттєвим недоліком цієї пропозиції є те, що вона не передбачає обліку по всьому водотоку, а лише тих його ділянок, які представляють енергетичний інтерес. Відбір ділянок не можна жорстко регламентувати, що на практиці призводить до внесення в підрахунки елемента суб'єктивізму.

1. *Метод наближеної оцінки енергоресурсів за кількісним зв'язком між потенційною і умовною теоретичною потужністю потоку.*

При слабкій вивченості малих річок підрахунок по окремих ділянках значно ускладнюється. С.В. Григор'єв [10, с. 26-27] запропонував визначати потужність по всій річці зразу за формулою:

$$\sum N = N_1 + N_2 + \dots + N_n = \alpha \times N_0, \quad (1.9)$$

де $N_0 = 9,81 \times Q_n \times \sum H$, N_0 – теоретична потужність в гирлі річки при використанні витрати у гирлі (Q_n) і повного падіння річки ($\sum H$), α – "коефіцієнт теоретичної потужності річок", який приводить цю теоретичну потужність до потенційної.

Величина α залежить від типу профілю річки (випуклий, прямий, увігнутий) і типу кривої наростання площі басейну, яка при незмінності модуля стоку (для малих басейнів допустиме припущення) повторює в іншому масштабі криву наростання витрат. Значення α залежить від поєднання типів профілів і кривих наростання площ водозборів (див. табл. 1.2)

Таблиця 1.2

Залежність значення α від типу профілю і кривої наростання площі водозбору

<i>Типи басейнів Типи профілів</i>	<i>Посилений розвиток верхів'їв</i>	<i>Рівномірний розвиток басейну</i>	<i>Посилений розвиток низової частини</i>
<i>Рівноважний профіль</i>	0,35-0,45	0,20-0,30	0,10-0,15
<i>Рівнинний профіль</i>	0,65-0,75	0,50	0,25-0,35

Скидовий профіль	0,75-0,85	0,60-0,70	0,70-0,80
---------------------	-----------	-----------	-----------

Ф.С. Воеводський, використовуючи формулу (1.9), зводить визначення коефіцієнта α до визначення сумарного падіння. Він запропонував формулу:

$$N = 9,81 \times Q \times H_{\text{розр.}}, \quad (1.10)$$

де $H_{\text{розр.}}$ – різниця середньої відмітки басейну і найменшого горизонту води на території басейну (базису ерозії).

Результат цього розрахунку аналогічний з поділянковим [10, с. 26].

Полюві дослідження. Для визначення теоретичного гідроенергетичного потенціалу за допомогою формул в першу чергу потрібно визначити витрату води в річці.

Витрата води – кількість води, що протікає в річці за одиницю часу. Витрата води визначається за допомогою наступної формули:

$$Q = Sv, \quad (1.12)$$

де Q – витрата води, м³/с; S – площа поперечного перерізу річки, м²; v – швидкість течії річки, м/с [14].

Визначення швидкості течії. Швидкість течії визначається за допомогою поплавків (дерев'яні, розміром з сірникову коробку, попередньо намочені) у тиху безвітряну погоду. На річці вибирають прямолінійну, чисту від валунів, корчів і рослинності ділянку русла, що має приблизно однакову ширину і глибину без перепадів. Довжина цієї ділянки повинна бути не меншою, ніж 10 м. Перпендикулярно течії розбивають два створи на початку та в кінці відрізка (рис. 1.1)

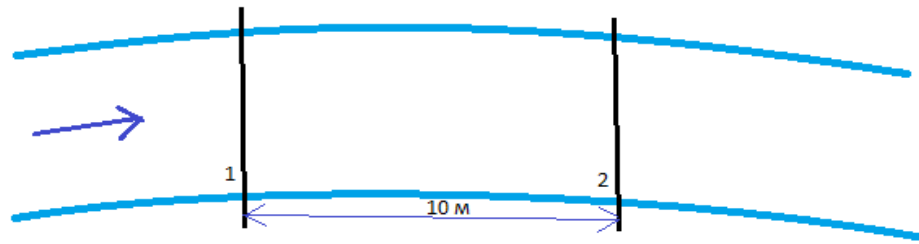


Рис. 1.1 Схема розбиття створів для визначення швидкості течії річки

За допомогою трьох поплавків визначають час проходження їх від верхнього створу до нижнього. Поплавок кидають за 0,5-1 м до верхнього створу, а час відмічають за секундоміром, коли поплавок проходить через створ. Потім розраховують середню швидкість води за формулою:

$$v_{\text{сер}} = \frac{L}{t_{\text{сер}}}, \quad (1.13)$$

де L – відстань між створами, м; $t_{\text{сер}}$ – середній час проходження поплавком від верхнього до нижнього створу, с.

Визначення площі поперечного перерізу річки. Для початку потрібно натягнути мірну стрічку між двома берегами перпендикулярно до течії річки, так щоб точка 0 на стрічці співпадала з урізом одного з берегів. Вимірювання глибини проводять за допомогою рейки. На нижньому кінці прикріплюють металевий диск, щоб мірна рейка не занурювалась у намул на дні. Нижня поверхня диска повинна співпадати з нульовою відміткою рейки. Число точок, в яких вимірюють глибину річки, залежить від її ширини.

Площа поперечного перерізу – площина, перпендикулярна напрямку течії потоку, обмежена профілем русла, а зверху рівнем води. Її визначають за шириною річки і глибиною за даними вимірами.

На міліметровому папері будують профіль поперечного перерізу (рис.1.2). По осі абсцис у певному масштабі відкладають відстані між точками, а по осі ординат – глибини. Площа поперечного перерізу річки

буде складатись із суми площ трикутників і трапецій, що утворені внаслідок перетину ліній, які проходять між точками вимірювання глибин, профілем русла та рівнем води, тобто $S = \sum S_i$ [14].

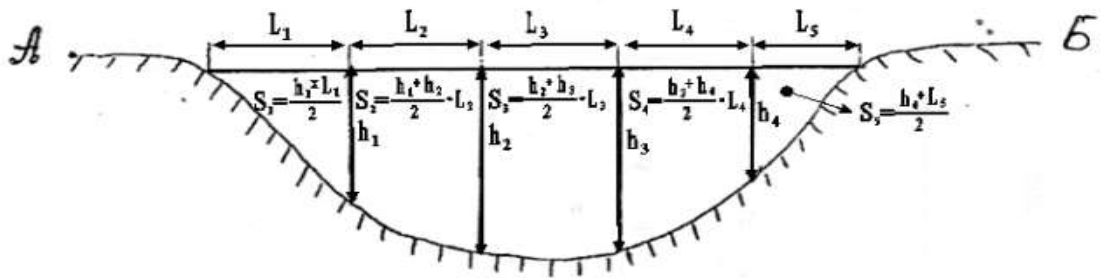


Рис. 1.2. Визначення площі поперечного перерізу річки

Під час проведення польових досліджень було розроблено бланк польових досліджень для визначення витрат води в річці (Додаток 4), де використовуються формули (1.12) і (1.13).

Етап камеральних робіт. На даному етапі були оброблені дані, отримані під час польових досліджень, які були занесені у відповідні бланки. Результати цього етапу наведені в пункті 3.2 даної роботи.

Заключний етап. Підбиття підсумків та приведення висновків, що розміщені в пункті 3.3 даної роботи. Популяризація отриманих результатів серед представників місцевої влади та науковців краю.

Висновки до розділу 1

У сучасних умовах глобального переходу до відновлюваних джерел енергії дослідження гідроенергетичного потенціалу малих річок набуває особливої значущості. Малі річки є перспективними об'єктами для локального використання відновлюваної енергії, особливо в регіонах, де доступ до централізованих енергомереж обмежений. Науковий аналіз гідроенергетичного потенціалу базується на міждисциплінарному підході, який охоплює гідрологічні, географічні, інженерно-технічні та економічні аспекти. Особливу увагу слід приділяти

оцінці природних умов, зокрема режиму стоку, рельєфу, кліматичних чинників та антропогенних змін у водозборі. Для оцінки гідроенергетичного потенціалу використовуються кількісні методи, що враховують середньорічний обсяг стоку, швидкість течії, перепад висот та площу водозбірного басейну. Комплексна оцінка потенціалу передбачає інтеграцію математичного моделювання, геоінформаційних технологій (ГІС) та методів енергетичного аудиту. Використання малих річок для гідроенергетики має враховувати екологічні ризики, такі як порушення екосистемних функцій, деградація водних ресурсів та зміна біорізноманіття. Це підкреслює важливість збалансованого підходу до використання ресурсів. Потенціал малих річок може бути ефективно реалізований шляхом впровадження малих і мікроГЕС, які мають низький рівень впливу на довкілля та високу економічну ефективність у віддалених і сільських районах.

У результаті теоретико-науковий аналіз створює базу для подальших практичних досліджень і розробок, спрямованих на раціональне використання гідроенергетичного потенціалу малих річок у контексті сталого розвитку.

РОЗДІЛ 2

ПЕРЕДУМОВИ ФОРМУВАННЯ ГІДРОЕНЕРГЕТИЧНОГО ПОТЕНЦІАЛУ МАЛИХ РІЧОК КАРПАТСЬКОГО РЕГІОНУ

2.1 Тектоніко-літологічна характеристика Карпатського регіону

Карпати – одна з наймолодших складчастих гірських систем Європи, яка простягається на території кількох країн, включаючи Україну, Польщу, Словаччину, Румунію та Угорщину. Українські Карпати є частиною більшого Карпатського регіону і вирізняються своєю складною тектонічною будовою та різноманітністю літологічного складу. Цей регіон має важливе значення не лише як природний об'єкт, а й як територія з багатими природними ресурсами. У цій роботі буде розглянута тектоніко-літологічна будова Карпатського регіону, особливості його формування, головні структурні одиниці та їх літологічні характеристики.

Карпати формувалися внаслідок альпійської орогенії, яка почалася близько 80 млн років тому і тривала до кінця кайнозою. Цей процес був пов'язаний із закриттям океану Тетіс і зіткненням Євразійської та Африканської літосферних плит. Унаслідок цих тектонічних процесів відбулися потужні складчасто-насувні рухи, які спричинили формування гірських структур, розломів і утворення западин.

Карпатський регіон є частиною Карпатської складчастої системи, яка включає кілька зон: Внутрішні Карпати, Центральні Карпати та Зовнішні Карпати. Відповідно до сучасних уявлень, основні структурні одиниці регіону мають складчасто-насувну природу, а їх утворення пов'язане з насуванням тектонічних пластів один на одного.

Карпатський регіон поділяється на кілька основних структурних зон, кожна з яких має унікальні особливості.

Зовнішня зона Карпат, також відома як Передкарпатський прогин, є найбільшою за площею і характеризується складчасто-насувними

структурами. Ця зона сформована переважно внаслідок насування флішових товщ, які складаються з чергування пісковиків, алевролітів і глин. Вік порід цієї зони варіюється від крейдового до еоценового періоду.

Зовнішня зона характеризується численними розломами, які поділяють її на окремі тектонічні блоки. Ці блоки зсунуті один відносно одного, що спричиняє утворення лускуватих структур. У Передкарпатському прогині також відкладаються моласові товщі, які формувалися в умовах континентального осадонакопичення в неогені.

Внутрішня зона, або Центральні Карпати, представлена кристалічним фундаментом, який складений метаморфічними породами (гнейси, сланці, амфіболіти) та інтрузіями магматичних порід (граніти). Ця зона є ядром Карпатської складчастої системи і включає залишки докембрійських і палеозойських структур.

Внутрішня зона характеризується наявністю великих насувів і розломів, які розділяють окремі структурні блоки. Метаморфічні породи цієї зони зазнали інтенсивної тектонічної деформації, що призвело до утворення складних складок і насувів.

Ця зона є частиною Внутрішніх Карпат і представлена значною мірою вулканічними та осадовими породами міоценового віку. Закарпатський прогин утворився внаслідок розтягування земної кори, яке супроводжувалося вулканізмом. Тут поширені андезити, базальти, туфи, а також осадові відклади – піски, глини, вапняки.

Літологічний склад Карпатського регіону є надзвичайно різноманітним, що пов'язано з його геологічною історією та складною тектонічною будовою.

Фліш є характерною ознакою Зовнішніх Карпат. Він складається з повторюваних шарів пісковиків, алевролітів і глин, які відкладалися в морському середовищі під час палеогену та крейдового періоду. Ці

відклади мають велике значення для вивчення палеогеографічних умов і тектонічних процесів регіону.

У Внутрішніх Карпатах широко поширені магматичні породи, зокрема граніти, діорити, андезити та базальти. Їх утворення пов'язане з інтенсивними магматичними процесами в період альпійської орогенії. Вулканічні породи Закарпатського прогину свідчать про активний вулканізм у міоцені, що супроводжувався формуванням вулканічних куполів і потоків лави.

Осадкові породи Карпатського регіону представлені вапняками, мергелями, пісковиками та моласовими відкладами. Моласи, які характерні для Передкарпатського прогину, формувалися в умовах континентального осадонакопичення і є важливим джерелом для вивчення палеоекології регіону.

Карпатський регіон багатий на корисні копалини, серед яких нафтові та газові родовища, озокерит, кам'яна сіль, мінеральні води та будівельні матеріали. Особливу увагу заслуговують родовища природного газу в Передкарпатському прогині та соляні поклади у Внутрішніх Карпатах.

Карпатський регіон є унікальною геологічною територією зі складною тектонічною будовою та різноманітним літологічним складом. Його формування тісно пов'язане з альпійською орогенією, яка спричинила складчасто-насувну будову гірської системи. Знання про тектоніко-літологічні особливості регіону мають важливе значення для вивчення історії Землі, пошуку природних ресурсів і розв'язання екологічних проблем.

2.2 Кліматична характеристика Карпатського регіону

Карпатський регіон, розташований у центральній частині Європи, вирізняється унікальними кліматичними умовами, які визначаються його

географічним положенням, висотною поясністю та складною орографією. Українські Карпати є частиною цього регіону й займають важливе місце у формуванні кліматичних особливостей прилеглих територій. Клімат Карпат має велике значення для природних екосистем, сільського господарства, рекреаційної діяльності та інших сфер людської діяльності.

У цій роботі розглядаються основні кліматичні характеристики Карпатського регіону, включаючи температурний режим, кількість опадів, вітровий режим та сезонні коливання погодних умов.

Карпати мають переважно помірно континентальний клімат, який характеризується теплим літом і відносно м'якою зимою. Основними чинниками, що впливають на клімат регіону, є:

- Географічне положення. Карпати розташовані на перехресті циркуляційних процесів помірних широт, що визначає мінливість погодних умов.
- Океанічний вплив. Західні вітри приносять вологу з Атлантичного океану, що сприяє значній кількості опадів.
- Орометричні фактори. Високі хребти Карпат затримують вологу, що створює різницю в кліматі між навітряними і підвітряними схилами.

Температурний режим Карпатського регіону значною мірою залежить від висоти над рівнем моря. У нижніх поясах середньорічна температура становить $+6...+9^{\circ}\text{C}$, а в гірських районах – від $+3^{\circ}\text{C}$ до -4°C .

- Зима. Середні температури січня варіюються від -3°C у передгір'ях до -8°C на вершинах. У високогірних районах тривалий час тримається сніговий покрив, що сприяє розвитку зимових видів туризму.
- Літо. Середня температура липня становить $+15...+19^{\circ}\text{C}$ у передгір'ях і $+8...+12^{\circ}\text{C}$ у високогірних районах. Улітку значний вплив мають циклонічні процеси, які приносять прохолоду і дощі.

Особливістю температурного режиму Карпат є температурні інверсії, які часто спостерігаються в міжгірних улоговинах і долинах, коли холодне повітря накопичується в низинах, а тепліше – на схилах.

Карпати є одним із найбільш зволжених регіонів України, що пов'язано з особливостями циркуляції повітряних мас і орографічним впливом. Середньорічна кількість опадів у передгір'ях становить 800–1000 мм, у середньогір'ї – 1000–1200 мм, а на високогір'ї – до 1600 мм.

- Сезонний розподіл опадів. Найбільше опадів припадає на літні місяці, що пов'язано з грозовою активністю. Взимку опади випадають у вигляді снігу, який формує стійкий сніговий покрив у високогір'ї.
- Розподіл за територією. Навітряні схили отримують більше опадів порівняно з підвітряними, що створює локальні кліматичні відмінності.

Карпатський регіон характеризується постійною циркуляцією повітряних мас, яка визначається як загальною атмосферною циркуляцією, так і локальними факторами.

- Західні вітри. Найчастіше спостерігаються західні та південно-західні вітри, які приносять вологу і тепло з Атлантики.
- Гірсько-долинна циркуляція. У міжгірських долинах спостерігаються місцеві вітри, які змінюють напрямок залежно від часу доби (денний бриз приносить прохолоду з гір, а нічний – тепло з долин).
- Фени. У Карпатах часто виникають фени – теплі сухі вітри, що сприяють швидкому таненню снігу та підвищенню температури.

Кліматичні умови Карпат змінюються впродовж року, створюючи характерні сезони.

- Весна. Початок весни в горах пізній – у березні-квітні. Цей період характеризується швидким підвищенням температур і інтенсивним таненням снігу, що викликає паводки на річках.

- Літо. Літній період триває з червня по серпень. Це час найвищих температур і найбільшої кількості опадів. Грозова активність у літні місяці досягає піку.
- Осінь. Осінь у Карпатах доволі тепла і суха, особливо у вересні-жовтні. Цей період називають «золотою осінню» через мальовничість природи та комфортні погодні умови.
- Зима. Узимку в горах випадає значна кількість снігу, що створює стійкий сніговий покрив. У цей період спостерігаються тривалі морози та часті хуртовини.

У межах Карпатського регіону виділяються кілька кліматичних зон залежно від висоти:

- Передгірська зона. Помірно теплий клімат із середньою кількістю опадів.
- Середньогірська зона. Помірно прохолодний клімат із більшою кількістю опадів.
- Високогірна зона. Холодний клімат із тривалим сніговим покривом і великою кількістю опадів.

Клімат Карпатського регіону визначається його географічним положенням, орографією та впливом океанічних і континентальних повітряних мас. Ці умови формують різноманітні кліматичні зони, які впливають на природні екосистеми та господарську діяльність людини. Розуміння кліматичних особливостей Карпат має велике значення для збереження природних ресурсів, попередження паводків та розвитку туристичного потенціалу регіону.

2.3 Гідрологічна характеристика Українських Карпат

Українські Карпати є важливим водним регіоном, багатим на річки, озера, джерела та підземні води. Цей регіон має стратегічне значення для забезпечення водними ресурсами як місцевого населення, так і прилеглих територій. Особливості гідрологічної мережі Карпат обумовлені складною орографією, кліматичними умовами, геологічною будовою та рослинним покривом.

У роботі розглядаються основні риси гідрології Українських Карпат, включаючи характеристику річок, озер, підземних вод, а також питання водного балансу й антропогенного впливу на водні ресурси.

Українські Карпати є водорозділом великих річкових басейнів, таких як Дністер, Тиса, Прут і Серет. Більшість річок регіону мають горно-річковий характер із швидкою течією та значною ерозійною діяльністю.

- Дністер. Дністер бере початок на північних схилах Карпат, має довжину понад 1350 км, з яких приблизно 400 км проходять через Карпати. Він живиться дощовими, талими й підземними водами.
- Тиса. Це найбільша притока Дунаю, яка протікає через Закарпаття. Її притоки (Боржава, Латориця, Тересія) є важливими для водопостачання й гідроенергетики.
- Прут. Річка Прут бере початок на схилах Говерли, має довжину 967 км і є частиною басейну Дунаю. Її води активно використовуються для зрошення та рекреації.
- Серет. Ця річка є притокою Дунаю, її води беруть початок у Передкарпатті та мають значення для місцевого водопостачання.

Особливості річкового режиму:

- Живлення річок. Більшість річок Українських Карпат мають мішане живлення (дощове, снігове й підземне). Навесні спостерігаються паводки через танення снігу, а влітку – короточасні підйоми рівня води внаслідок дощів.

- Швидкість течії. Через значний нахил рельєфу річки Карпат мають швидку течію (до 2–4 м/с), що сприяє ерозійній діяльності.
- Повені. Карпати є зоною підвищеного ризику паводків, особливо під час інтенсивних літніх дощів і танення снігу.

Карпатські озера переважно мають льодовикове, тектонічне або заплавне походження. Вони невеликі за розмірами, але мають важливе екологічне й рекреаційне значення.

- Синевир. Найбільше й найвідоміше озеро Українських Карпат, розташоване на висоті 989 м над рівнем моря. Воно має площу 0,7 га й максимальну глибину до 24 м. Синевир є популярним туристичним об'єктом і важливою природоохоронною зоною.

- Бребенескул. Розташоване на висоті 1801 м, це найвище озеро Карпат. Воно має льодовикове походження й живиться талими водами.

- Несамовите. Це високогірне озеро на висоті 1750 м над рівнем моря, що вважається одним із найкрасивіших у Карпатах.

Українські Карпати багаті на підземні води, які формуються завдяки інтенсивному інфільтраційному живленню. Вони використовуються для питного водопостачання, оздоровлення та промислових потреб.

- Мінеральні води. Закарпаття відоме численними джерелами мінеральних вод, таких як "Поляна Квасова", "Шаянська" та "Свалява". Ці води використовуються в бальнеології.

- Термальні води. У Карпатах є кілька термальних джерел, наприклад, у Косино, які мають лікувальні властивості та приваблюють туристів.

- Підземні водоносні горизонти. У регіоні формуються значні запаси прісних підземних вод, які мають велике значення для водопостачання.

Карпати є одним із найбільш водозабезпечених регіонів України. Основними складовими водного балансу є:

- Атмосферні опади. Щорічно в Карпатах випадає від 800 до 1600 мм опадів, залежно від висоти та орографії.
- Поверхневий стік. Велика частка опадів утворює стік, що формує річкову мережу.
- Інфільтрація. Значна частина води просочується в ґрунт, поповнюючи запаси підземних вод.

Українські Карпати стикаються з низкою екологічних проблем, пов'язаних із водними ресурсами:

- Забруднення вод. Скиди промислових і побутових стоків у річки та озера створюють загрозу для екосистем.
- Регулювання стоку. Будівництво гребель і водосховищ змінює природний режим річок.
- Ерозія берегів. Інтенсивне вирубування лісів збільшує ерозійні процеси, що призводить до замулення річок і озер.

Водні ресурси Карпат мають багатofункціональне значення:

- Екологічне. Річки й озера Карпат є домівкою для багатьох видів флори й фауни.
- Економічне. Води використовуються для гідроенергетики, рибальства, сільського господарства та рекреації.
- Рекреаційне. Карпатські водойми приваблюють туристів, сприяючи розвитку туризму й оздоровлення.

Гідрологічна мережа Українських Карпат є важливим природним ресурсом, який забезпечує екологічну рівновагу, економічний розвиток і добробут місцевого населення. Для збереження водних ресурсів Карпат необхідно запроваджувати ефективні заходи з їх охорони, раціонального використання та відновлення природних екосистем.

2.4 Біогеографічна та екологічна характеристика Прут-Сіретського Передкарпаття

Прут-Сіретське Передкарпаття – це унікальна природна зона, розташована у межах Чернівецької області. Регіон характеризується різноманітністю ландшафтів, багатством флори та фауни, а також важливими екологічними функціями. Він є частиною Зовнішньої зони Передкарпатського крайового прогину, що обумовлює його геологічну та ґрунтову специфіку.

Територія Передкарпаття вирізняється багатою флорою, зумовленою кліматичними, геоморфологічними та ґрунтовими умовами.

Лісові екосистеми. Основними лісоутворюючими породами в регіоні є дуб звичайний, дуб скельний, бук лісовий і граб звичайний. У Прут-Сіретському межиріччі значне поширення мають букові ліси, які часто змішані з ялицею білою та ялиною європейською (штучного походження). Ліси буковинського підгір'я представлені буковими, дубово-буковими, ялицево-буковими та ялиново-буковими асоціаціями, які ростуть у свіжих та вологих умовах.

Луки. У долинах річок і на міжрічкових масивах поширені різнотравно-злакові луки. Основні види рослин – мітлиця тонка, медова трава шерстиста, тимофіївка лучна, перстач прямостоячий, волошка фригійська та щучник дернистий. Болотисті луки займають значні площі, зокрема в долині річки Міхідри, де домінують формації ситника розлогого й молінії голубої.

Торф'янисті луки. Ці біотопи представлені щучником дернистим і молінією голубою. Їхній розвиток обумовлений близьким заляганням ґрунтових вод.

Тваринний світ Передкарпаття є представником листяних і змішаних лісів Західної Європи. Серед ссавців можна зустріти козулю європейську,

лисицю звичайну, куницю лісову. Орнітофауна представлена синицею великою, дроздом співочим, совою сірою.

Передкарпаття характеризується помірно вологим кліматом із середньою річною кількістю опадів 700–800 мм. Температурний режим є сприятливим для розвитку лісових та лучних екосистем. Середня температура літа становить $+17...+18^{\circ}\text{C}$, а суми активних температур досягають 2200–2500 $^{\circ}\text{C}$.

Широкі терасові долини Пруту, Черемошу та Сірету є характерною рисою Буковинського Передкарпаття. Річки мають значний екологічний і соціально-економічний вплив на регіон. Особливої уваги заслуговує річка Сірет, чия сучасна водність зменшилася через втрату основної притоки, що вплинуло на морфологію долини.

Прут-Сіретське Передкарпаття є важливим регіоном з точки зору біорізноманіття, екології та економіки. Для збереження унікальної природи необхідно впроваджувати заходи зі сталого розвитку та охорони довкілля.

Висновок до розділу 2

Карпатський регіон характеризується сприятливими природними умовами для формування гідроенергетичного потенціалу малих річок. Значні перепади висот, густа річкова мережа та високий рівень середньорічного стоку створюють оптимальні передумови для використання енергії водних потоків. Рельєф гірського регіону забезпечує наявність значних енергетичних перепадів, що є ключовою умовою для ефективного функціонування малих і мікроГЕС.

Високий рівень атмосферних опадів, особливо у весняно-літній період, підтримує стабільний водний режим у річках. Сезонні коливання стоку є передбачуваними, що дозволяє планувати раціональне використання водних ресурсів.

Вплив людської діяльності, зокрема вирубка лісів і господарське освоєння територій, частково змінює водний баланс регіону, проте не нівелює його енергетичного потенціалу. Збалансоване управління водними ресурсами може мінімізувати негативні наслідки цих змін. Карпатський регіон має унікальні природні екосистеми, тому розвиток гідроенергетики потребує врахування екологічних обмежень і збереження біорізноманіття.

У підсумку, передумови формування гідроенергетичного потенціалу малих річок Карпатського регіону є комплексними й багатofакторними. Природні умови створюють значний потенціал для розвитку гідроенергетики, водночас потребуючи врахування екологічних та антропогенних факторів у процесі планування і використання водних ресурсів.

РОЗДІЛ 3

ГІДРОЕНЕРГЕТИЧНИЙ ПОТЕНЦІАЛ РІЧКИ СІРЕТ

3.1 Кам'янська ГЕС

У 50-60-х рр. XX ст. на території Чернівецької області діяли 4 малі гідроелектростанції: Яблуницька на річці Білий Черемош, Кам'янська (див. Рис. 3.1), Нижньопетрівецька та Верхньопетрівецька на річці Сірет. Яблуницька ГЕС була прийнята в експлуатацію 1961 р. Її установлена потужність складала 670 кВт та включала 2 турбіни з автоматичним регулятором швидкості.



*Рис. 3.1. Кам'янська ГЕС (фотографія з газети «Будівник комунізму»,
нині «Новий день», за 1964 р.)*

Державна Кам'янська ГЕС будувалась протягом декількох років (Додаток 5), а в 1955 р. у травні була введена в експлуатацію [18]. 1961 р.

була автоматизована. Станом на 1963 р. її потужність становила 325 кВт. Кількість генераторів – 3, їхня потужність – 525 кВт. Станом на 1 січня 1964 р. Кам'янська ГЕС постачала електроенергію до колгоспів та інших організацій Глибоцького району, обслуговувала наступні населені пункти: с. Кам'янка, с. Вовчинець (нині с. Старий Вовчинець), с. Біла Криниця, с. Багринівка, с. Черепківка, с. Новий Вовчинець [17].

Таблиця 3.1

Кількість виробленої електроенергії у 1961-1963 рр.

<i>Рік</i>	1961	1962	1963
<i>Вироблено електроенергії, тис. кВт×год.</i>	846,8	700,4	561,7

Річний технічний звіт Кам'янської ГЕС за 1962 р. Для функціонування Кам'янської ГЕС 1962 р. виявився неблагополучним. Посушлива осінь, а також малосніжна зима не підвищили дебіт річки Сірет. Починаючи із січня 1962 р. гідроагрегати ГЕС зупинялися двічі на добу по 2-3 год. для набору води. Під час весняного танення снігу дебіт річки підвищився до 18 м³/с, а тому 3 агрегати ГЕС з розходом води у 5,2 м³/с кожний, спрацьовували води повністю. Виробництво електроенергії підвищилось з 620 до 5300 кВт×год. за добу. Але в червні рівень води в річці різко почав знижуватись аж до січня 1963 р. і виробництво електроенергії знизилось до 520 кВт×год. на добу [17].

Річний технічний звіт Кам'янської ГЕС за 1963 р. На 1963 рік заплановано 900 тис. кВт×год., вироблено 561,7 тис. кВт×год. [16].

Таблиця 3.2

**Кількість виробленої електроенергії у 1963 р. (по місяцях),
тис. кВт×год.**

<i>Місяць</i>	Січень	Лютий	Березень	Квітень	Травень	Червень
<i>Запланована кількість виробленої електроенергії</i>	35	35	90	105	115	110
<i>Фактична кількість виробленої електроенергії</i>	12	17	51	144	153	99
<i>Запланована кількість виробленої електроенергії</i>	90	60	40	60	80	80
<i>Фактична кількість виробленої електроенергії</i>	30	19	11	5	16	50

На даний момент Кам'янська ГЕС зруйнована, а на її місці залишилися залишки колишньої працюючої гідроелектростанції (Додаток 6).

3.2 Обчислення гідроенергетичного потенціалу

Характерними рисами гідрологічного режиму у 2015 р. було дуже маловодне весняне водопілля, відсутність дощових паводків (за виключенням другої половини червня та кінця листопада), тривала низька і дуже низька межінь (з червня і до кінця року) з ознаками гідрологічної посухи. Внаслідок цього, середні за 2015 рік витрати води більшості річок держави були меншими та значно меншими за середні багаторічні значення.

Літньо-осіння водність річок правобережжя, північного сходу і частково центру України (басейни Верхнього і Середнього Дніпра, Прип'яті, Десни, Західного Бугу, Південного Бугу, Дністра, Тиси, Ужа, Латориці, Прута, Сірета) досягала критеріїв маловоддя (гідрологічної посухи) чи наближалася до них [11].

Польові дослідження проводились у серпні 2015 року. В цей період для річки Сірет був характерний межень (період, протягом якого в річці спостерігаються найменші рівні і витрати води). Ця ситуація була спричинена практичною малою кількістю опадів протягом літнього періоду, ніж у середні роки. Крім того, такі низькі рівні води протягом останніх кількох років не спостерігались. Очевидно, що результати дослідження є дещо нижчими, ніж у звичайні роки. Відповідно розрахунки гідроенергетичного потенціалу представляють мінімальні показники. З одного боку це добре, оскільки такі дані покажуть доцільність діяльності гідроелектростанцій навіть у маловодний період.

Гідрологічні дослідження (додаток 7) були проведені на наступних ділянках (див. рис. 3.2): 1 – ділянка, розташована нижче по течії від місця злиття річок Малий Сірет і Сірет; 2 – ділянка, розташована неподалік від дерев'яного моста; 3 – ділянка поблизу руїн Кам'янської ГЕС.



Рис. 3.2. Ділянки проведення польових досліджень

Відповідно до плану роботу після проведення польових досліджень було проведено камеральні роботи, які дали змогу оцінити гідроенергетичний потенціал річки Сірет. Польові дослідження дали наступні результати:

Таблиця 3.3

Витрата води в річці Сірет

<i>№ ділянки дослідження</i>	<i>Площа поперечного перерізу, м²</i>	<i>Середня швидкість течії, м/с</i>	<i>Витрата води, м³/с</i>	<i>Середня витрата води, м³/с</i>
1	12,16	0,16	1,92	2,00
2	6,43	0,31	1,96	
3	2,28	0,93	2,13	

Визначення потенціальних (теоретичних) ресурсів, тобто тих енергетичних ресурсів води, які враховані без втрат стоку і водної енергії

при її перетворенні в електричну. Потенціальні запаси енергоресурсів річки Сірет було визначено наступними методами:

1) *Метод «лінійного (поділянкового) обліку».* Цей метод визначення потужності водного потоку вимагав від нас користування формулою (1.6), але із врахуванням середнього значення витрат у створах, тобто $N_p = 9,81 Q_{\text{сер}} (H_1 - H_2)$, де H_1 – абсолютна висота першої ділянки досліджень, а H_2 – третьої. $H_1 = 320,6$ м над рівнем моря (за даними топографічних карт Чернівецької області). Оскільки на ділянці річки Сірет від місця впадіння р. Малий Сірет та до с. Черепківка похил річки становить 1,1 м/км [12], а відстань між ділянками досліджень 1 і 3 становить 6,4 км (за даними програмного забезпечення YandexMaps), то різниця між абсолютними висотами першої і третьої ділянок становить 7 м, тобто $H_2 = 313,6$ м.

Підставивши всі дані у формулу (1.6), отримаємо наступне значення теоретичної потужності водотоку між ділянками досліджень №1 і №3:

$$N_p = 9,81 \times 2 \frac{\text{м}^3}{\text{с}} \times (320,6 \text{ м} - 313,6 \text{ м}) = 137,34 \text{ кВт}$$

Підставивши отримане значення у формулу (1.8), отримаємо показник теоретичного гідроенергетичного потенціалу р. Сірет протягом року:

$$E_{\text{п}} = 8760 \text{ год} \times N_p = 8760 \text{ год} \times 137,34 \text{ кВт} \approx 1,2 \text{ млн. кВт} \times \text{год/рік}$$

Отже, використавши даний метод для обчислення гідроенергетичного потенціалу, ми отримали результати у вигляді 1,2 млн. кВт×год/рік, проте одним із основних недоліків цього методу є те, що він не передбачає обліку по всьому водотоку, а лише тих його ділянок, які представляють інтерес.

2) *Метод наближеної оцінки енергоресурсів за кількісним зв'язком між потенційною і умовною теоретичною потужністю потоку.* Цей метод має право використовуватись при слабкій вивченості річок. Оскільки р. Сірет та її гідрологічний режим регулярно досліджується тільки на посту

В

м. Сторожинець, то її цілком можна віднести до слабо досліджених річок.

Для обчислення гідроенергетичного потенціалу за С.В. Григор'євим, користуючись формулою (1.9), потрібно було обрати коефіцієнт теоретичної потужності річки Сірет α (див. табл. 1.2). Для цього за допомогою топографічної карти області, програмного забезпечення YandexMaps та програми для роботи з електронними таблицями Microsoft Office Excel був побудований поздовжній переріз (профіль) р. Сірет (рис. 3.3).

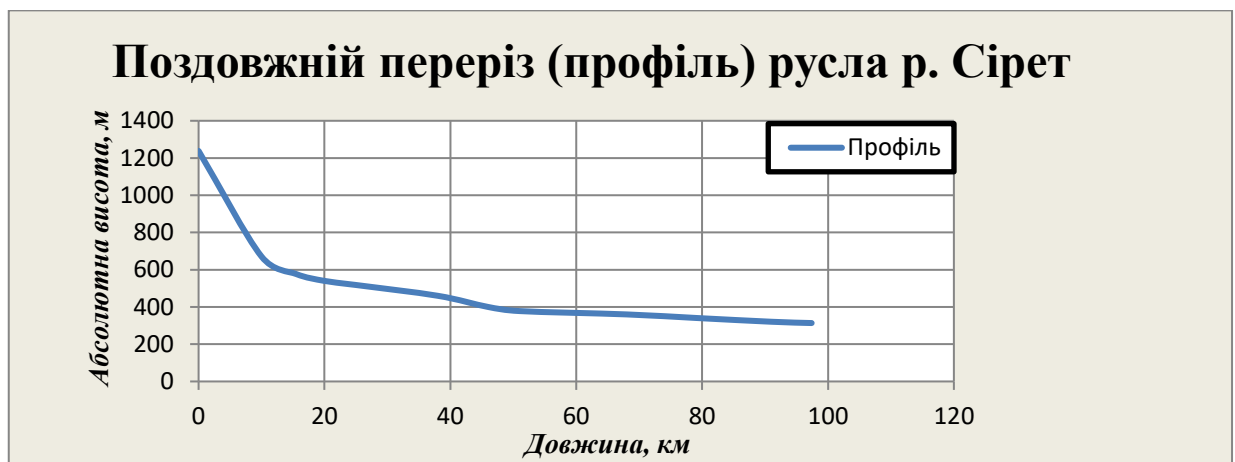


Рис. 3.3.Поздовжній переріз (профіль) русла р. Сірет

За ним легко визначити, що р. Сірет має увігнутий (рівноважний) профіль. Також басейн річки розвивається рівномірно, отже α становить 0,3. Падіння р. Сірет $\sum H$ становить $1238 - 313,6 = 924,4$ м (від місця витoku до третьої ділянки нашого дослідження). Звідси потужність по всій річці на території Чернівецької області до ділянки дослідження №3 становить:

$$\sum N = \alpha \times N_0 = 9,81 \times Q_n \times \sum H = 0,3 \times 9,81 \times 2,13 \frac{\text{м}^3}{\text{с}} \times 924,4 \text{ м} \approx \approx 5794,7 \text{ кВт}$$

Відповідно, користуючись формулою (1.8), знаходимо показних гідроенергетичного потенціалу річки протягом року

$$E_{\text{п}} = 8760 \text{ год} \times \sum N = 8760 \text{ год} \times 5794,7 \text{ кВт} \\ \approx 50,76 \text{ млн. кВт} \times \text{год/рік}$$

Цілком можна стверджувати, що близьке до цього значення гідроенергетичного потенціалу має р. Сірет на всій території Чернівецької області, оскільки ділянка дослідження №3 розташована недалеко від кордону України з Румунією і тут же немає значних приток, які б могли сильно вплинути на результат. Але нас цікавить значення до третьої ділянки дослідження, оскільки будуть визначатись перспективи будівництва саме нової Кам'янської ГЕС.

Проаналізувавши отримані дані, можна зробити наступні висновки: хоч дослідження проводились в маловодний період, але отримані результати стверджують, що р. Сірет володіє значними запасами гідроенергії. Варто зауважити те, що середньорічний потенціал є близько вдвічі, а то й втричі більшим. Отже, можна говорити про доцільність і ефективність виробництва електроенергії за допомогою водних потоків води р. Сірет і перспективність діяльності на ній малої гідроелектростанції.

3) Використовувати *метод «середньої річки»* немає доцільності і практичного значення, оскільки він має значні похибки і використовується для фактично недосліджених річок.

Визначення технічного гідроенергетичного потенціалу, тобто тої частини гідроенергоресурсів, яка технічно може бути використана шляхом спорудження ГЕС з урахуванням всіх витрат. Цей потенціал повинен розраховуватись тоді, коли планується будувати гідроелектростанцію, враховуючи її технічні характеристики. Проте можна стверджувати наступне: навіть при таких показниках гідроенергетичного потенціалу може функціонувати мала гідроелектростанція з потужністю до 500 кВт.

Економічна доцільність використання гідроенергетичних ресурсів річки Сірет виявляється співставленням з джерелами електричної енергії в

даному районі. В деякій мірі проаналізувавши цей потенціал, потрібно зауважити, що Буковинське Передкарпаття не є високо транспортабельним регіоном для постачання електроенергії, тому наявність власних джерел її виробництва дасть змогу покращити економічну ситуацію регіону.

3.3 Проблеми та перспективи будівництва нової Кам'янської ГЕС

Проаналізувавши дані про гідроенергетичний потенціал річки Сірет, можна зробити висновки, що на цій річці можна будувати ГЕС, як б використовувала гідроенергетичні ресурси Сірету. Виникає питання найбільш доцільнішого типу гідроелектростанції для будівництва на цій річці.

При *дериваційній схемі* напір на ГЕС утворюється шляхом створення зосередженого перепаду за рахунок відводу води з річки штучним водоводом, в якості якого застосовуються відкриті канали (безнапірна деривація); напірні тунелі або трубопроводи (напірна деривація) (рис. 3.4, б).

При дериваційній схемі для забору води на ГЕС у більшості випадків у річці зводиться гребля, яка утворює невелике водоймище, що часто виконує добове регулювання. Дериваційну схему доцільно застосовувати в гірських умовах при більших ухилах і порівняно невеликих витратах, що дозволяє при відносно невеликій довжині дериваційного водоводу одержати великий напір.

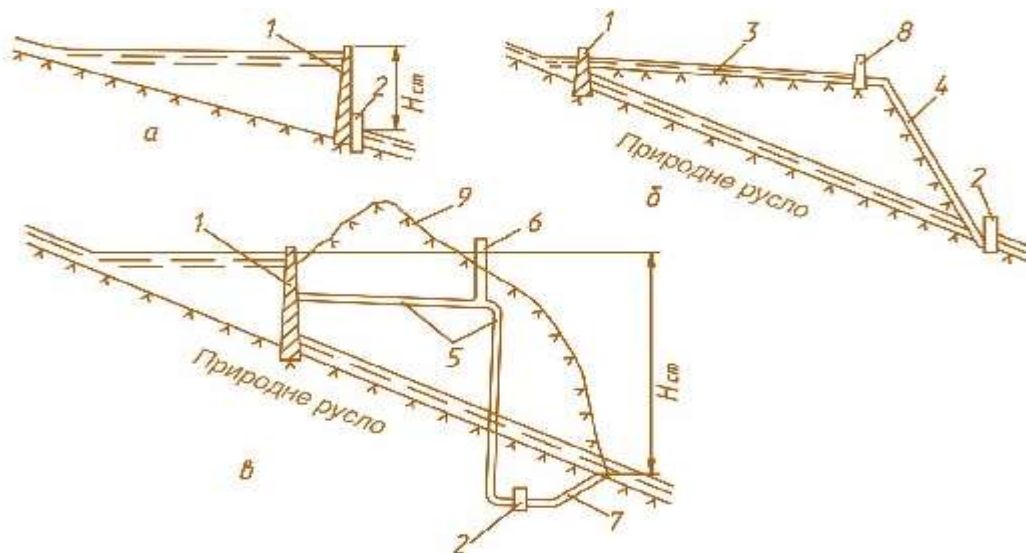


Рис. 3.4. Принципові схеми ГЕС: а – гребельна; б – дериваційна; в – комбінована; 1 – гребля; 2 – будинок ГЕС; 3 – дериваційний канал; 4 – напірний трубопровід; 5 – напірний тунель; 6 – зрівнювальний резервуар; 7 – відвідний тунель; 8 – водоприймач; 9 – природна поверхня берегового схилу

У випадку комбінованої схеми напір на ГЕС утворюється частково за рахунок підпору рівня ріки греблею й створення водоймища, як при гребельній схемі, та частково за рахунок деривації, що дозволяє при відповідних природних умовах використовувати переваги обох схем. При комбінованій схемі також можна одержати високі напори на ГЕС. Вибір схеми й основних параметрів ГЕС залежить від природних умов ділянки річки й здійснюється на підставі техніко-економічного порівняння варіантів.

Проаналізувавши схем утворення напору на річках та природні умови на ділянці річки Сірет біля Кам'янки, можна зробити висновок, що найбільш ефективним та економічно доцільним буде будівництво гідроелектростанції гребельного типу. Також ще однією підставою для таких висновків є те, що колишня Кам'янська гідроелектростанція теж була гребельного типу.

Збудувавши малу ГЕС на Сіреті, можна буде отримати наступні переваги:

- виробництво електроенергії без використання викопного органічного та ядерного палива;
- значний термін служби та висока надійність експлуатації;
- передбачуваність та забезпеченість режимів роботи;
- висока маневреність і коефіцієнт готовності;
- можливість повної автоматизації процесу експлуатації;
- мінімальний вплив на навколишнє середовище при правильному виборі місця розташування та дотримання екологічного законодавства;
- мінімальний вплив на ландшафт та незначне відчуження земельних ділянок;
- додаткові можливості для ведення рибного господарства, зрошення, водопостачання;
- моніторинг якості води;
- підвищення енергетичної безпеки регіону, забезпечення незалежності від постачальників палива;
- невеликі капіталовкладення для будівництва малої гідроелектростанції та швидка окупованість;
- сприяння розвитку місцевого рибного господарства;
- менша залежність від природних умов, ніж для інших нетрадиційних джерел, що забезпечує більшу надійність процесу виробництва енергії.

Як і будь-який інший спосіб виробництва енергії, застосування малої ГЕС має як переваги, так і недоліки. Серед них такі недоліки:

- зникнення водних організмів (в тому числі червонокнижних риб і комах) – цей аспект експлуатації малих ГЕС ще не достатньо вивчений і навряд чи такий серйозний, яким його змальовують; я вважаю цю проблему найсуттєвішою, якщо виявиться, що вона існує;

- активізація негативних геологічних процесів – з таких процесів можна виділити хіба що замулювання водосховищ;
- негативний вплив на якість води;
- вплив на соціальне середовище, зокрема, через унеможливлення розвитку окремих видів альтернативної економічної діяльності громад (наприклад, туризму), зміни в умовах життя і господарювання, зміни у свідомості населення, спричинені руйнуванням традиційного середовища існування.

Проте, досвід спорудження малих ГЕС у США та Німеччині підтверджує, що при обґрунтованому спорудженні об'єкта малої гідроенергетики природне середовище не тільки зберігається, але й можливе відтворення раніше втрачених умов біологічного життя. Тому в таблиці 3. ми навели перелік можливих наслідків від будівництва ГЕС та заходи для зменшення їх негативного впливу [8, с. 54].

Таблиця 3.4

**Перелік можливих наслідків та заходи по зменшенню їх
негативного впливу**

Можливий вплив	Заходи із зменшення негативного впливу
Вплив на об'єм води в річці	- Проведення спеціальних вимірів рівня води і використання їх результатів в робочому проекті; - Моніторинг рівня води в річці протягом року
Вплив на якість води	- Контроль ерозії та відкладень під час будівництва; - Моніторинг стану водних екосистем в межах впливу проекту
Вплив на чисельність та склад фауни	- Проведення екологічних досліджень та оцінювання впливу проекту до початку будівництва; - Розробка та впровадження ефективного захисту риби та прохідних каналів (таких як

	рибоходи) в рамках проекту; - Моніторинг екосистеми під час експлуатації об'єктів та застосування заходів зменшення негативного впливу в разі необхідності
Вплив будівництва основних та допоміжних об'єктів: викопування землі, пил, шум, викиди в атмосферу від використання транспорту тощо	- Підготовка та впровадження плану із проведення будівельних робіт з метою зменшення негативного впливу від загального будівництва, в тому числі шуму, атмосферних викидів, утилізації відходів, транспортного навантаження на дороги; - Постійний моніторинг відповідності національним екологічним стандартам та вимогам ЄБРР; - Дотримання відповідних норм підрядниками
Вплив проекту на величину та запобігання повені, зсувів та інших можливих надзвичайних природних явищ	- Планування та впровадження технологій із зменшення ефектів, викликаних зсувами та ерозією, які можуть виникнути в результаті зміни у землекористуванні під час проектної діяльності; - Розробка належних планів дій у надзвичайних ситуаціях та утримання високого рівня готовності співробітників до надзвичайних ситуацій.

Висновок до розділу 3

Річка Сірет володіє значним гідроенергетичним потенціалом завдяки своїй протяжності, стабільному режиму стоку та наявності помітних перепадів висот на окремих ділянках. Гірські витoki річки створюють сприятливі умови для формування енергії течії. Аналіз показав, що середньорічний обсяг стоку та швидкість течії річки забезпечують можливість розміщення малих гідроелектростанцій (ГЕС) із прогнозованими обсягами виробництва енергії. Особливу увагу привертають ділянки верхньої течії, які мають найбільшу енергетичну перспективу.

У басейні річки Сірет спостерігаються помірні антропогенні навантаження, які включають регулювання водного режиму, використання водних ресурсів у господарських цілях та локальні зміни екосистем. Однак такі впливи не критично знижують загальний потенціал річки для гідроенергетичного використання.

Розвиток гідроенергетики на річці Сірет може забезпечити екологічно чисту енергію та сприяти економічному розвитку прилеглих територій. Разом із тим необхідно враховувати екологічні ризики, зокрема зміни водних екосистем та їхній вплив на місцеву флору і фауну. Річка Сірет має перспективу для впровадження малих ГЕС, які можуть слугувати джерелом відновлюваної енергії для сільських територій і віддалених населених пунктів. Розробка таких проєктів повинна базуватися на принципах сталого розвитку та раціонального використання природних ресурсів.

Загалом, річка Сірет є важливим об'єктом для гідроенергетичних досліджень і практичного використання, за умови збереження екологічного балансу та врахування регіональних особливостей.

ВИСНОВКИ

В умовах економічної нестабільності збереження та ефективного використання енергетичних ресурсів набуває ключового значення. У періоди енергетичної кризи пріоритетним стає впровадження енергозберігаючих технологій і використання альтернативних джерел енергії, серед яких важливе місце посідає гідроенергетика. Мала гідроенергетика є перспективним напрямком, особливо для віддалених і важкодоступних регіонів, де доставка органічного палива є складною, дорогою та потребує багато часу. Також транспортування електроенергії з віддалених енерговиробничих підприємств вимагає додаткового будівництва ліній електропередач і призводить до енергетичних втрат.

Повне охоплення країни централізованою електромережею є проблематичним, тому важливо максимально використовувати природні ресурси, зокрема воду. Відновлення старих та будівництво нових малих гідроелектростанцій дозволить забезпечити споживачів доступною електроенергією.

Малі річки тісно пов'язані з економікою прилеглих територій і є важливими для розвитку місцевих громад. Дослідження показують, що річка Сірет має значний гідроенергетичний потенціал — 50,76 млн кВт·год на рік навіть у маловодний період. Це створює можливості для будівництва малих гідроелектростанцій, які, хоча й мають обмежену потужність, значно покращать енергозабезпечення Буковини.

Економічна доцільність використання малих ГЕС на річках Буковинського Передкарпаття очевидна:

1. Забезпечення надійного енергопостачання для промислових і житлово-комунальних об'єктів у селах і районних центрах.
2. Підтримка сільського господарства та розвиток соціальної сфери.

3. Поліпшення екологічної ситуації через постійний моніторинг стану водних ресурсів і контроль рівня води.

Крім того, розвиток малої гідроенергетики позитивно вплине на інші галузі: рибне господарство, житлово-комунальну інфраструктуру та машинобудування.

Серед переваг малих ГЕС – довготривалий термін експлуатації, висока надійність, маневреність, передбачуваність режимів роботи та можливість автоматизації процесів. Ці характеристики роблять їх конкурентними у порівнянні з іншими типами електростанцій.

Ефективність малих гідроелектростанцій вимагає комплексного підходу, що враховує економічні, соціальні та екологічні фактори. Розвиток малої гідроенергетики разом із державною політикою з енергозбереження є важливим кроком до забезпечення енергетичної незалежності та сталого розвитку країни.

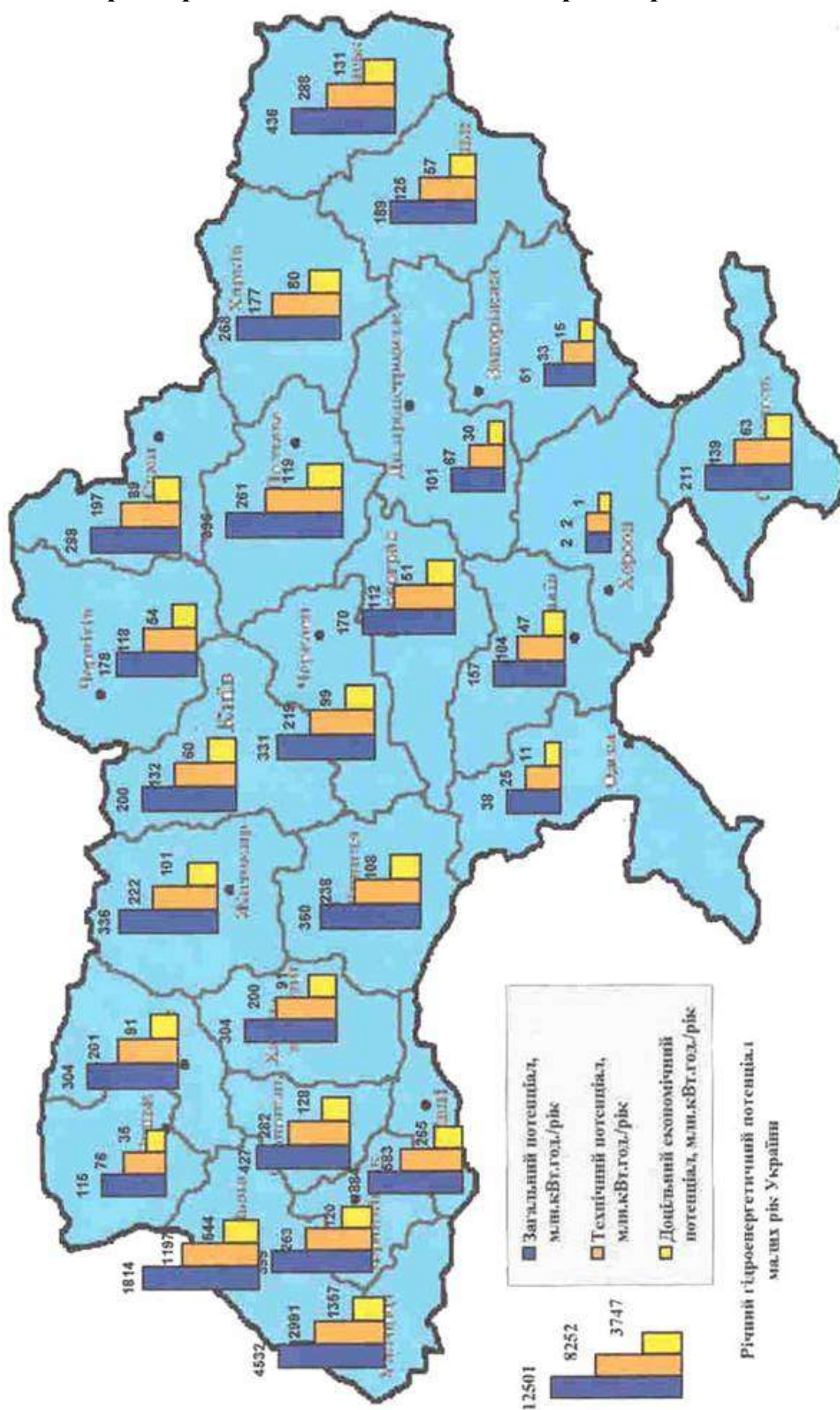
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Атлас енергетичного потенціалу відновлювальних та нетрадиційних джерел енергії України: енергія вітру, сонячна енергія, енергія малих рік, енергія біомаси, геотермальна енергія, енергія довкілля, енергія скидного енерготехнологічного потенціалу, енергія нетрадиційного палива / С.О. Кудря, Л.В. Яценко, Г.П. Душина [та ін.]. – Київ: ІЕД НАН України, Держкоменергозбереження України, 2001.
2. Малі ГЕС України – Вікіпедія [Електронний ресурс]. – Режим доступу: http://uk.wikipedia.org/wiki/Малі_ГЕС_України
3. Малі річки України: Довід. / А.В. Яцик, Л.Б. Бишовець, Є.О. Богатов та ін.; за ред. А.В.Яцика. – Київ: Урожай, 1991. – 296 с.
4. Каспрук Б.М. Сучасний стан та перспективи розвитку малої гідроенергетики в Україні та Світі / Б.М. Каспрук, С.Ф. Артюх // Матеріали ІХ Міжнар. наук.-практ. конф. магістрантів. – Харків : НТУ «ХПІ», 2015 – С. 132.
5. Поташник С.І. Про необхідність повного та ефективного освоєння гідроенергоресурсів України до 2030 р. / С.І. Поташник, Ю.А. Ландау, В.К. Рябошапко // Гідроенергетика України. – 2011. – №3-4 – С. 4-6.
6. Малі ГЕС України / За матеріалами Інтернет-видань // Енергозбереження Поділля: щоквартальний наук.-техн. журнал. – Хмельницький : ЦНП, 2014. – №2. – С. 10-15.
7. Сучасний стан, проблеми та перспективи розвитку гідроелектроенергетики України: Аналітична доповідь / О.М. Суходоля, А.А. Сидоренко, С.В. Бегун, А.А. Білуха ; за ред. О.М. Суходолі. – Київ: НІСД, 2014 – 54 с.
8. Золотухін В.І. Водноенергетичні розрахунки при проектуванні ГЕС: Навч. посібник / В.І. Золотухін, В.В. Лутаєв. – Рівне : НУВГП, 2005. – 204с.: іл.

9. Гідрологія: вимірювання річкового стоку [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://mandrivki.com/club/sportsorientation/gidrologiya>
10. Доленко Г.Н. Геологія нафти та газу Карпат. – К.: АН УССР, 1962. – 365 с.
11. Доленко Г.Н., Ярош Б.І., Хоменко В.І., Улізлюк Б.М. Закономірності нафтогазоносності Передкарпатського і Закарпатського прогинів. – К.: Наукова думка, 1969. – 202 с.
12. Природа Чернівецької області / Під ред. К.І. Геренчука. – Львів: Видавниче об'єднання «Вища школа», 1978. – 160 с.
13. Чернівецький обласний Державний архів: Акт ревізії фінансово-господарської діяльності Кам'янської ГЕС 30 вересня 1960 р.
14. Чернівецький обласний Державний архів: Річний технічний звіт Кам'янської ГЕС за 1963 р.
15. Чернівецький обласний Державний архів: Річний технічний звіт Кам'янської ГЕС за 1962 р.
16. Загальна характеристика гідрологічного режиму водних об'єктів України у 2015 р. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: http://meteo.gov.ua/ua/34537/hydrology/hydr_month_review/
17. Паланичко О.В. Закономірності руслоформування річок Передкарпаття: автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. геогр. наук : спец. 11.00.07 «Гідрологія суші, водні ресурси, гідрохімія» / О.В. Паланичко. – Київ, 2010. – 22с.
18. Лутаєв В.В. Гідроелектростанції (Машинна будівля ГЕС): Інтерактивний комплекс навчально-методичного забезпечення / В.В. Лутаєв, С.В. Сунічук. – Рівне : НУВГП, 2008. – 138 с.

ДОДАТКИ

Гідроенергетичний потенціал малих рік України



Додаток 2

Гідроенергетичний потенціал малих рік України

№ п/п	Області	Потенціал		
		Загальний потенціал	Технічний потенціал	Доцільно- економічний потенціал
1	Вінницька	360	238	108
2	Волинська	115	76	35
3	Дніпропетровська	101	67	30
4	Донецька	189	125	57
5	Житомирська	336	222	101
6	Закарпатська	4532	2991	1357
7	Запорізька	51	33	15
8	Івано-Франківська	399	263	120
9	Київська	200	132	60
10	Кіровоградська	170	112	51
11	Луганська	436	288	131
12	Львівська	1814	1197	544
13	Миколаївська	157	104	47
14	Одеська	38	25	11
15	Полтавська	396	261	119
16	Рівненська	304	201	91
17	Сумська	298	197	89
18	Тернопільська	427	282	128
19	Харківська	268	177	80
20	Херсонська	2	2	1
21	Хмельницька	304	200	91
22	Черкаська	331	219	99
23	Чернівецька	884	583	265
24	Чернігівська	178	118	54
25	АР Крим	211	139	63
	Всього	12501	8252	3747

Додаток 3

Під час будівництва Кам'янської ГЕС у 1952-1954 рр. (фотографії
представлені жителем с. Кам'янка, одного із робітників)



Руїни Кам'янської ГЕС