МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
УМАНСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
Факультет фізико-математичної та природничої освіти
Кафедра географії

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА БАКАЛАВРА

ВИВЧЕННЯ В ШКІЛЬНОМУ КУРСІ ГЕОГРАФІЇ ВПЛИВУ КЛІМАТИЧНИХ ЗМІН НА ВОДНО-РЕСУРСНИЙ ПОТЕНЦІАЛ МАЛОЇ ГІДРОЕНЕРГЕТИКИ

Виконала: студентка IV курсу, зу-34 групи
освітньої програми: Середня освіта (Географія. Біологія та здоров'я людини)
спеціальності 014.07 Середня освіта (Географія)
Бур'ян Катерина Сергіївна
Науковий керівник: кандидат географічних наук, доцент
Ситник Олексій Іванович

Умань − 2026

ЗМІСТ

ВСТУП 3

РОЗДІЛ 1 ТЕОРЕТИЧНІ ОСНОВИ ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ КЛІМАТИЧНИХ ЗМІН НА ВОДНИЙ ПОТЕНЦІАЛ ТА ГІДРОЕНЕРГЕТИКУ ……. 6

1.1. Сутність поняття кліматичних змін та основні причини їх виникнення …….. 6

1.2. Водний потенціал як складова природно-ресурсного потенціалу території ……... 10

1.3. Гідроенергетика світу та України: сучасний стан і значення …….. 14

РОЗДІЛ 2. АНАЛІЗ ВПЛИВУ КЛІМАТИЧНИХ ЗМІН НА ВОДНІ РЕСУРСИ ТА ГІДРОЕНЕРГЕТИКУ …….. 20

2.1. Вплив змін температури повітря та опадів на річковий стік …… 20

2.2. Проблеми функціонування гідроелектростанцій в умовах кліматичних змін …….. 22

2.3. Особливості змін водного потенціалу України в сучасних умовах …….. 26

2.4. Вплив кліматичних змін на водно-ресурсний потенціал розвитку малої гідроенергетики Гайворонщини …… 34

РОЗДІЛ 3. ПРОФЕСІЙНЕ ПЕДАГОГІЧНЕ СПРЯМУВАННЯ РЕЗУЛЬТАТІВ ДОСЛІДЖЕННЯ …….. 39

3.1. Місце теми у чинній програмі з географії закладів загальної середньої освіти ……..…… 39

3.2. Форми, методи та засоби навчання під час вивчення теми …….. 42

3.3. Практичні роботи та навчальні проєкти з теми …… 45

ВИСНОВКИ 56

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ 59

ДОДАТКИ 66

ВСТУП

Сучасний етап розвитку людства характеризується загостренням глобальних екологічних проблем, серед яких одне з провідних місць посідають кліматичні зміни. Підвищення середньорічної температури повітря, зміна режиму атмосферних опадів, збільшення частоти екстремальних погодних явищ істотно впливають на природні комплекси, господарську діяльність населення та якість життя людей. Особливо відчутним є вплив кліматичних змін на водні ресурси, оскільки саме вода є основою функціонування природних екосистем, сільського господарства, промисловості та енергетики. Зменшення річкового стоку, обміління водойм, посилення посушливості клімату та нерівномірність опадів зумовлюють зміну водного потенціалу територій.

Не менш важливим є вплив зазначених процесів на гідроенергетику. Робота гідроелектростанцій безпосередньо залежить від кількості води, режиму стоку річок та сезонних коливань рівня води. За умов кліматичних змін виникає потреба в адаптації гідроенергетичних систем до нових природних умов.

Для України проблема є надзвичайно актуальною, оскільки водні ресурси країни розподілені нерівномірно, а значна частина електроенергії виробляється на гідроелектростанціях. Тому вивчення зазначеної теми у шкільному курсі географії сприятиме формуванню в учнів екологічного мислення, розумінню причинно-наслідкових зв’язків у природі та усвідомленню необхідності раціонального природокористування.

Актуальність теми дослідження зумовлена необхідністю поглиблення змісту географічної освіти щодо сучасних глобальних викликів та пошуку ефективних методичних підходів до вивчення проблем кліматичних змін у закладах загальної середньої освіти.

Мета роботи полягає у дослідженні особливостей вивчення в шкільному курсі географії впливу кліматичних змін на водний потенціал та гідроенергетику.

Відповідно до поставленої мети визначено такі **завдання** дослідження:

– проаналізувати наукову літературу з теми дослідження; розкрити сутність понять кліматичних змін, водного потенціалу та гідроенергетики;

– охарактеризувати вплив кліматичних змін на водні ресурси та енергетичну сферу;

– визначити особливості прояву зазначених процесів в Україні;

– дослідити місце теми у шкільному курсі географії; розробити методичні рекомендації щодо її вивчення.

Об’єктом дослідження є процес навчання географії у закладах загальної середньої освіти.

Предметом дослідження є методичні особливості вивчення впливу кліматичних змін на водний потенціал та гідроенергетику в шкільному курсі географії.

У процесі виконання роботи використано аналіз та узагальнення наукової літератури з проблем кліматичних змін, водного потенціалу, гідроенергетики та методики навчання географії. Порівняльно-географічний метод застосовано для зіставлення особливостей впливу кліматичних змін на водні ресурси та гідроенергетику в Україні та світі. Статистичний метод використано для аналізу показників кліматичних змін, стану водних ресурсів і розвитку гідроенергетики. Картографічний метод дав змогу проаналізувати тематичні карти, що відображають зміни клімату, водного потенціалу та розміщення об’єктів гідроенергетики. Системний підхід використано для комплексного дослідження взаємозв’язків між кліматичними змінами, водними ресурсами та енергетичною сферою. Метод педагогічного аналізу застосовано для дослідження місця теми у шкільному курсі географії, аналізу навчальних

програм, підручників та освітніх матеріалів. Метод моделювання та проєктування використано для розроблення методичних рекомендацій щодо вивчення впливу кліматичних змін на водний потенціал та гідроенергетику у закладах загальної середньої освіти.

Теоретичне значення дослідження полягає у поглибленні науково-методичних підходів до вивчення проблем кліматичних змін у шкільному курсі географії, уточненні сутності понять кліматичних змін, водного потенціалу та гідроенергетики, а також у систематизації знань про вплив кліматичних змін на водні ресурси та енергетичну сферу України і світу.

Практичне значення дослідження полягає у можливості використання розроблених методичних рекомендацій, дидактичних матеріалів і запропонованих підходів у процесі викладання географії в закладах загальної середньої освіти. Матеріали роботи можуть бути використані вчителями географії під час підготовки та проведення уроків, факультативних занять, тематичних проєктів і позакласних заходів, присвячених проблемам кліматичних змін, водних ресурсів та гідроенергетики.

Апробація результатів дослідження. З теми кваліфікаційної роботи опубліковані тези: «Вплив кліматичних змін на водно-ресурсний потенціал розвитку малої гідроенергетики Гайворонщини» (Умань, 2026 р.). Окремі питання розглядались на засіданнях студентського наукового гуртка, та під час проведення просвітницько-виховного заходу «Природні багатства рідного краю» для учнів 6 класу Блиставицької загальноосвітньої школи І-ІІІ ступенів Бучанського району Київської області, а також доповідались та обговорювались під час науково–методичного семінару «Природничі та суспільні географічні студії: сучасний вимір» на кафедрі географії Уманського національного університету (Умань, 2026 р.).

Структура роботи: робота включає вступ, 3 розділи, висновки, список використаних літературних джерел, додатки; об'єм роботи 72 ст., з них основного тексту 57 ст. Робота містить 6 рисунків, 18 таблиць та 4 додатк4.

РОЗДІЛ 1
ТЕОРЕТИЧНІ ОСНОВИ ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ КЛІМАТИЧНИХ ЗМІН НА ВОДНИЙ ПОТЕНЦІАЛ ТА ГІДРОЕНЕРГЕТИКУ

1.1. Сутність поняття кліматичних змін та основні причини їх виникнення

Кліматичні зміни є однією з найгостріших глобальних проблем XXI ст. Вони охоплюють природну, економічну та соціальну сфери життя суспільства й визначають напрями подальшого розвитку людства.

Під кліматичними змінами розуміють довготривалі та статистично значущі зміни середніх показників клімату, його мінливості та повторюваності екстремальних явищ. На відміну від погоди, яка змінюється щоденно, клімат характеризує багаторічний режим атмосфери [5].

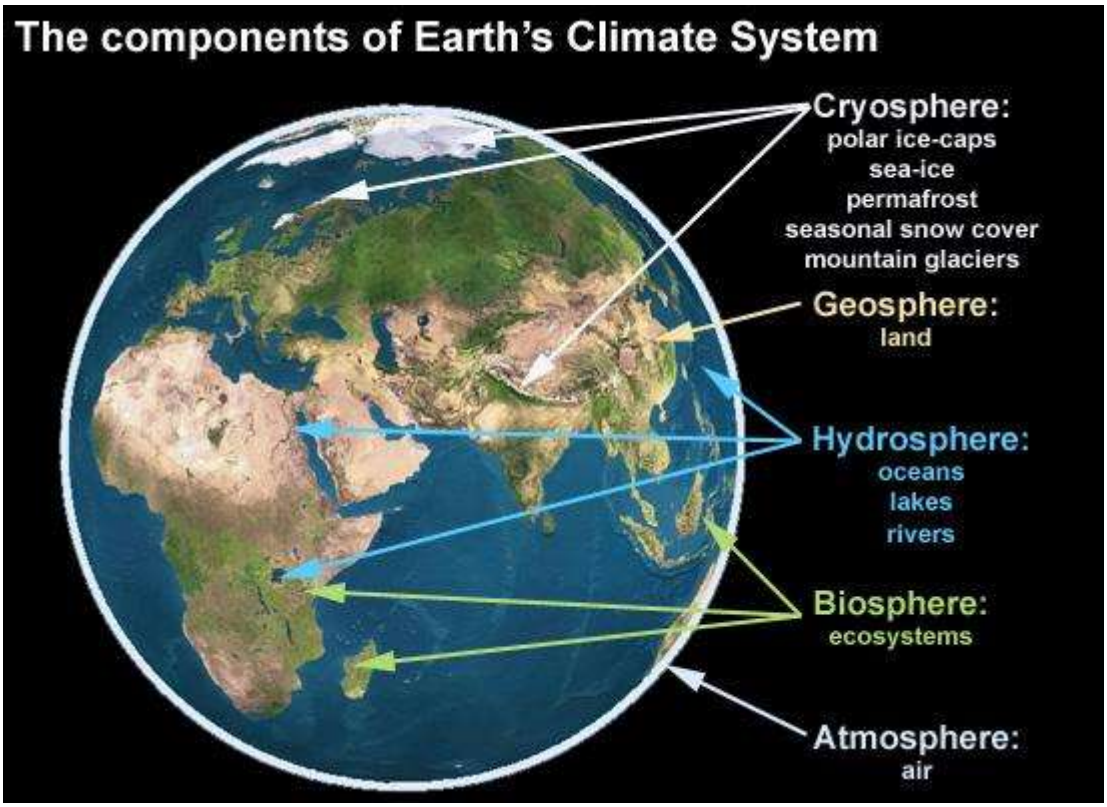


Рис. 1.1. Структура кліматичної системи Землі [34]

Кліматична система Землі включає атмосферу, гідросферу, літосферу, біосферу та кріосферу (рис. 1.1). Взаємодія цих компонентів забезпечує сталість природних процесів, однак порушення рівноваги призводить до кліматичних трансформацій.До природних причин кліматичних змін належать коливання сонячної активності, зміни нахилу земної осі та параметрів орбіти, вулканізм, зміни океанічних течій і циклічні атмосферні процеси (табл. 1.1) [13].

Таблиця 1.1

Кліматичні зміни: природні та антропогенні чинники [13]

Група чинників	**Конкретні чинники**	**Характер впливу**
Природні	Сонячна активність	Зміни енергетичного балансу Землі
Природні	Вулканізм	Тимчасове зниження температури через аерозолі
Природні	Океанічні течії	Перерозподіл тепла і вологи
Природні	Зміна орбіти Землі	Довготривалі кліматичні цикли
Антропогенні	Спалювання палива	Зростання CO_2 і глобальне потепління
Антропогенні	Вирубування лісів	Зменшення поглинання CO_2
Антропогенні	Урбанізація	«Острови тепла»

Антропогенні	Сільське господарство	Викиди метану, деградація ґрунтів

Виверження вулканів можуть тимчасово знижувати температуру повітря через потрапляння пилу та аерозолів у верхні шари атмосфери. Водночас зміни течій, зокрема у Світовому океані, впливають на перерозподіл тепла і вологи.

У сучасний період головною причиною потепління є антропогенний чинник. Масове використання вугілля, нафти та природного газу супроводжується зростанням викидів вуглекислого газу, метану та інших парникових газів (Додаток А). Парникові гази затримують теплове випромінювання, що спричиняє посилення природного парникового ефекту. Як наслідок, відбувається зростання середньої глобальної температури повітря [15].

Серед інших антропогенних чинників важливе місце займають вирубування лісів, деградація ґрунтів, інтенсивне сільське господарство, урбанізація та транспортні викиди. Ліси виконують роль природних поглиначів вуглекислого газу, тому скорочення їх площі посилює накопичення CO^2 в атмосфері. Урбанізовані території формують «острови тепла», де температура вища за навколишні місцевості. Проявами кліматичних змін є танення льодовиків, підвищення рівня Світового океану, зсув меж природних зон, часті хвилі спеки, посухи, зливи, буревії та повені [20].

Таблиця 1.2

Основні наслідки кліматичних змін [20]

Сфера	**Наслідки**
Природа	Танення льодовиків, підвищення рівня океану
Атмосфера	Часті хвилі спеки, зливи, буревії
Водні ресурси	Посухи, зміна водності річок
Сільське господарство	Зниження врожайності, дефіцит вологи
Населення	Загроза здоров’ю через екстремальні температури

Наслідки змін клімату мають регіональний характер (табл. 1.2). Одні

території потерпають від нестачі води, інші – від надмірного зволоження та паводків. Для України характерними тенденціями є підвищення середньорічної температури, зменшення тривалості снігового покриву, зростання повторюваності посух, особливо у південних областях, та зміни водності річок. Кліматичні зміни впливають на сільське господарство, водне господарство, енергетику, здоров'я населення та біорізноманіття. Тому проблема потребує міжнародної співпраці й реалізації принципів сталого розвитку (Додаток Б).

Важливими напрямами протидії є скорочення викидів, розвиток відновлюваної енергетики, підвищення енергоефективності, екологізація виробництва та збереження лісових ресурсів [24].

Отже, кліматичні зміни є комплексним довготривалим процесом, що нині значною мірою зумовлений діяльністю людини. Розуміння причин і наслідків цих змін є необхідною умовою формування екологічної свідомості учнів.

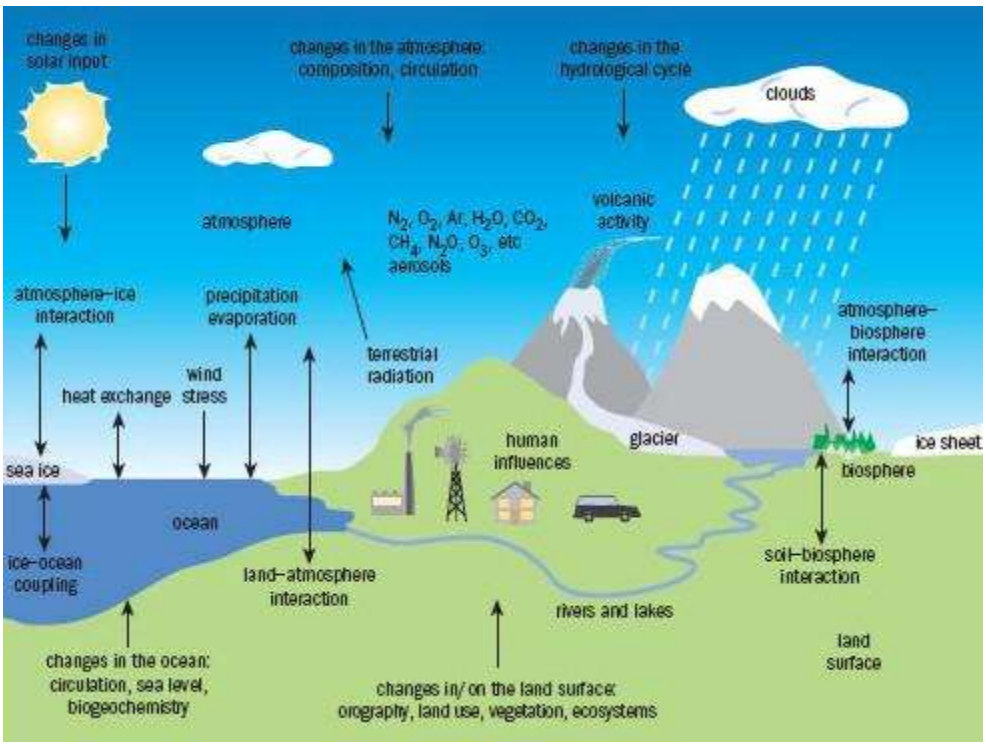


Рис. 1.2. Причини кліматичних змін [20]

Кліматичні зміни є результатом довготривалих процесів у атмосфері,

гідросфері та біосфері (рис. 1.2). Вони проявляються у підвищенні середньорічної температури повітря, зміні режиму опадів, посиленні посушливих явищ, таненні льодовиків та підвищенні рівня Світового океану. Основною причиною сучасного глобального потепління є антропогенний вплив людини. Спалювання викопного палива, вирубування лісів, промислове виробництво та транспорт спричиняють збільшення концентрації парникових газів. Крім антропогенних чинників, існують природні чинники кліматичних змін: сонячна активність, вулканізм, океанічні течії та природні циклічні процеси [34].

Важливе значення у формуванні сучасних кліматичних змін має парниковий ефект. Він є природним процесом, завдяки якому атмосфера утримує частину теплового випромінювання Землі, забезпечуючи умови для існування життя. Однак унаслідок господарської діяльності людини концентрація парникових газів значно зросла, що призвело до посилення парникового ефекту та глобального потепління. Найбільший вплив на цей процес мають вуглекислий газ, метан, оксид азоту та фреони.

Сучасні кліматичні зміни характеризуються не лише підвищенням температури повітря, а й збільшенням частоти та інтенсивності небезпечних природних явищ. У багатьох регіонах світу спостерігаються тривалі посухи, хвилі спеки, сильні зливи, урагани та масштабні лісові пожежі. Такі явища негативно впливають на природні екосистеми, сільське господарство, водні ресурси та здоров’я населення [36].

Особливу увагу проблемі кліматичних змін приділяють міжнародні організації та наукові установи. Важливу роль у дослідженні сучасних кліматичних процесів відіграє Міжурядова група експертів зі зміни клімату (IPCC), яка здійснює оцінку глобальних кліматичних ризиків та розробляє прогнози майбутніх змін. Результати досліджень свідчать про необхідність скорочення викидів парникових газів і переходу до принципів сталого

розвитку.

Для України проблема кліматичних змін також є надзвичайно актуальною. Підвищення температури повітря, нерівномірний розподіл опадів та збільшення кількості посушливих періодів впливають на водні ресурси, сільське господарство та енергетичну сферу держави. У зв'язку з цим важливого значення набуває формування екологічної свідомості учнів та поглиблення знань про причини й наслідки кліматичних змін у процесі вивчення географії [51].

1.2. Водний потенціал як складова природно-ресурсного потенціалу території

Водний потенціал території включає сукупність поверхневих та підземних водних ресурсів. Він забезпечує потреби населення, сільського господарства, промисловості та енергетики. Водні ресурси України розподілені нерівномірно. Найбільше водозабезпечення характерне для басейнів Дніпра та Дунаю, тоді як південні регіони мають дефіцит водних ресурсів [4].

Водний потенціал України є фундаментальною складовою природно-ресурсного потенціалу (ПРП) держави, що охоплює запаси поверхневих, підземних, ґрунтових вод, а також водні ресурси Чорного та Азовського морів. Цей ресурс забезпечує господарську діяльність, екологічну стабільність та соціальні потреби населення.

Таблиця 1.3

Структура водного потенціалу України [5]

Компонент	Характеристика	Приклади
Річкові ресурси	Основна частина поверхневих вод	Дніпро, Дністер, Південний Буг
Озерні ресурси	Переважно на Поліссі	Шацькі озера
Водосховища	Регулювання стоку	Дніпровський каскад
Підземні води	Питне та промислове значення	Артезіанські басейни
Морські води	Рекреація, транспорт	Чорне та Азовське моря

Основні характеристики водного потенціалу України як частини ПРП (табл. 1.3) [5]:

– *Склад та структура водного потенціалу* – річкові системи, Україна має понад 63 тис. річок, найбільші з яких – Дніпро, Дністер, Південний Буг, Сіверський Донець; *о*зерні ресурси – понад 20 тис. озер, найбільші з яких зосереджені на Поліссі та в приморських зонах; водосховища – створена мережа з понад 1тис. водосховищ, які регулюють стік річок, особливо на Дніпрі; підземні води – значні запаси прісних та мінеральних підземних вод, що мають стратегічне значення для питного водопостачання.

– *Економічне значення* – водний потенціал є основою для багатьох галузей економіки: енергетика – робота гідроелектростанцій (ГЕС) та охолодження атомних (АЕС) та теплових (ТЕС) електростанцій; сільське господарство – зрошення земель, що є критичним для південних регіонів України; промисловість – використання води для технологічних процесів; транспорт – судноплавство по основних річкових артеріях та морські перевезення.

– *Оцінка та стан використання*: нерівномірність розподілу – водні ресурси розподілені по території нерівномірно, найбільш забезпечені західні та північні регіони, найменш– південні та східні; якість води – актуальною проблемою є забруднення водойм стічними водами та промисловими викидами, що знижує якість водного потенціалу; екологічна складова – водні ресурси відіграють ключову роль у підтримці екосистем, ландшафтного різноманіття та рекреаційних можливостей.

– *Роль у комплексному ПРП:* водний потенціал, разом із земельними, лісовими та мінеральними ресурсами, формує загальний природно-ресурсний потенціал, що забезпечує сталий розвиток регіонів України. Його раціональне використання є державною стратегією, спрямованою на збереження водних екосистем для майбутніх поколінь.

Важливим аспектом сучасного стану водного потенціалу України є його тісний зв’язок із природними та антропогенними чинниками, серед яких особливу роль відіграють кліматичні зміни. Підвищення середньорічної температури повітря, зменшення кількості снігового покриву та зміна режиму опадів безпосередньо впливають на формування річкового стоку, рівень ґрунтових вод і загальну водність території. Унаслідок цього спостерігається зниження водності малих річок, особливо в степових і лісостепових районах України, що загострює проблему водозабезпечення населення та господарства.

Окрему проблему становить сезонна нерівномірність стоку, коли значна частина річкової води припадає на короткий період весняного водопілля, тоді як у літньо-осінній період спостерігається дефіцит водних ресурсів. Це призводить до необхідності регулювання річкового стоку за допомогою водосховищ, однак надмірне зарегулювання річок змінює природні гідрологічні процеси та впливає на екологічний стан водних екосистем [10].

Проблемою сучасного використання водного потенціалу є також антропогенне навантаження на водні об’єкти (табл. 1.4). Стічні води промислових підприємств, аграрне забруднення через використання добрив і пестицидів, а також недостатній рівень очищення комунальних вод призводять до погіршення якості води. Це зменшує ефективність використання водних ресурсів у господарстві та підвищує витрати на їх очищення та підготовку для питних потреб.

Таблиця 1.4

Основні проблеми водного потенціалу України [10]

Проблема	**Суть**
Нерівномірність	Надлишок води на півночі, дефіцит на півдні
Забруднення	Промислові та побутові стоки
Кліматичні зміни	Зменшення стоку річок
Зарегулювання річок	Порушення природного режиму
Втрати води	Зношені мережі водопостачання

У контексті сталого розвитку важливого значення набуває раціональне та ощадливе використання водного потенціалу. Це передбачає впровадження водозберігаючих технологій у промисловості та сільському господарстві, модернізацію систем водопостачання, зменшення втрат води в інфраструктурі, а також відновлення природних водних екосистем. Особливу роль відіграє інтегроване управління водними ресурсами, яке базується на басейновому принципі та враховує взаємозв’язок між природними компонентами та господарською діяльністю [48].

Таким чином, водний потенціал України є динамічною системою, стан якої залежить як від природних умов, так і від рівня господарського освоєння території. Його збереження та раціональне використання є однією з ключових умов забезпечення екологічної безпеки держави та стабільного розвитку економіки.

1.3. Гідроенергетика світу та України: сучасний стан і значення

Гідроенергетика залишається найбільш ефективним і популярним енергоджерелом, проте її розвиток несе серйозні загрози для річкових екосистем. В Україні спостерігається суперечлива тенденція: попри зниження ефективності існуючих ГЕС, держава планує нарощувати потужності галузі. Це загрожує втратою біорізноманіття та дефіцитом води, що зумовлено недосконалою законодавчою базою. Орієнтуючись на досвід США та ЄС, Україні необхідно впровадити концепцію «no-go areas» (територій, де будівництво заборонено) та прийняти профільний закон. Нове регулювання має базуватися на суворому екологічному контролі та врахуванні інтересів громад, незалежно від масштабу чи форми власності енергооб'єктів [3].

Гідроенергетика залишається ключовим компонентом світової енергосистеми із сумарною потужністю понад 1300 ГВт (20 % світового виробництва). Її головними перевагами є високий ККД (до 96 %) та здатність балансувати нестабільну генерацію сонячних і вітрових електростанцій. Разом з

тим, сучасна наука та міжнародні фінансові інституції (EIB, Світовий банк, EBRD) визнають, що цей вид генерації не є цілком «екологічно чистим» через суттєвий вплив на річкові екосистеми. Сталий розвиток галузі, за прикладом США та ЄС, вимагає суворого дотримання екологічного права та пошуку компромісу між економічною вигодою та захистом біорізноманіття.

Становлення галузі в Україні розпочалося ще наприкінці XIX ст. Дебютним об'єктом стала станція у с. Фрідешово (нині Кольчино на Закарпатті), зведена у 1890 р. з потужністю 200 кВт. У центральних регіонах перша ГЕС з'явилася лише у 1912 р. на річці Південний Буг (смт Тиврів). Цікаво, що до моменту запуску велетня Дніпрогесу в 1932 році, в країні вже функціонувало понад 80 дрібних станцій, хоча їхній сумарний потенціал був мізерним – лише 4 МВт. В Україні функціонує 10 великих ГЕС та 3 гідроакумулювальні станції (ГАЕС). Основна частина генерації зосереджена на каскадах Дніпра (після руйнування Каховської ГЕС – 5 станцій) та Дністра (2 станції), також діють поодинокі об'єкти на річках Теребля-Ріка та Південний Буг (табл. 1.5). Ці об'єкти виконують стратегічні завдання в Об'єднаній енергосистемі (ОЕС): згладжування пікових навантажень; стабілізація частоти та потужності мережі; надання мобільного резерву у випадку аварій. Головним гравцем ринку є ПрАТ «Укргідроенерго», а Ташлицька ГАЕС перебуває в управлінні НАЕК «Енергоатом». Завдяки впровадженню стимулюючого законодавства у 2009 р., кількість малих гідроелектростанцій (МГЕС) стрімко зросла: з 46 об'єктів до 171 станції станом на 2021 р. (загальна потужність близько 119 МВт). На відміну від великих ГЕС, малі станції перебувають у приватній власності таких компаній, як «Енергоінвест», «Гідроенергоінвест», «Новосвіт» та «Ренер» [11].

Таблиця 1.5

Гідроенергетика України [11]

Показник	**Характеристика**

Основна річка	Дніпро
Каскад ГЕС	6 великих ГЕС
Найбільша ГЕС	ДніпроГЕС
Типи станцій	ГЕС + ГАЕС
Частка у енергетиці	середня (менша за ТЕС і АЕС)

Станом на 2019 р. гідроенергетика складала приблизно 11,9 % від загальної встановленої потужності країни (ГЕС – 9,11%, ГАЕС – 2,82 %). Однак після реформування енергоринку в липні 2019 р. реальне виробництво енергії суттєво скоротилося. Наприклад, виробіток на ГЕС впав з 10,4 млрд кВт·год у 2018 р. до 6,5 млрд кВт·год у 2019-му р., що склало лише 4,2% від загальнонаціональної генерації [14].

У зв’язку з військовими діями суттєво порушилась робота всіх електростанцій України загалом і ГЕС зокрема.

Однією з найгостріших проблем української гідроенергетики, зокрема великих станцій, є робота в режимі екстремальних пікових навантажень. Це призводить до критично низького коефіцієнта використання встановленої потужності (КВВП). З 2000 по 2019 р. показник КВВП в Україні впав з 24 % до 13 %, що є найнижчим рівнем у світі. Оскільки наші ГЕС розташовані на рівнинних річках і мають великі водосховища, низький КВВП свідчить про надмірне навантаження на довкілля. Штучне стримування води погіршує водообмін, а різкі коливання рівнів у нижніх б’єфах руйнують природні екосистеми річок (Додаток В)[18].

Ситуація в секторі малих ГЕС (МГЕС), які працюють за «зеленим» тарифом, також є тривожною. Попри право продавати енергію за високими цінами незалежно від потреб енергосистеми, їхня ефективність стрімко падає. За період 2013–2019 рр. КВВП малих станцій знизився майже вдвічі – з 44 % до 24 %.

Експерти виділяють кілька ключових чинників, що зумовлюють таку

негативну динаміку: кліматичні зміни та антропогенний вплив – глобальне потепління та господарська діяльність призводять до обміління річок, особливо в періоди межені (низької води); експлуатація самих ГЕС додатково виснажує водні ресурси, на яких вони базуються; помилки в проєктуванні – при обґрунтуванні нових об'єктів часто ігноруються реальні зміни водності річок. Проєктувальники нерідко завищують очікувані показники енерговиробництва, що робить нові станції економічно та екологічно сумнівними [21].

Попри розгалужену річкову мережу, економічно ефективний гідроенергетичний потенціал (ЕДГЕП) України є доволі низьким. На початку 2000-х років він складав лише 17–18 млрд кВт·год. Для порівняння: значно менша за територією Австрія (майже у 7 разів менша за Україну) має потенціал у 53,7 млрд кВт·год. Низькі показники зумовлені двома головними географічними та гідрологічними чинниками: рівнинний рельєф та низькі перепади висот, Україна – переважно рівнинна держава, понад 95 % її території розташовано на висоті до 300 м над рівнем моря, що зумовлює невеликий «напір» води – ключовий показник для генерації енергії: в басейні Дніпра перепад висот від витоку до гирла становить лише 50–70 м, у басейні Південного Бугу – 100–150 м., навіть у Карпатах цей показник не перевищує 300–400 м., для контрасту, на австрійській ГЕС Зільц розрахунковий напір води сягає понад 1250 м, що в рази перевищує можливості найкрутіших українських річок; специфіка річкової мережі: близько 93 % українських річок є зовсім малими (завдовжки до 10 км), також більшість річок мають нестабільний характер течії, до 70 % річного обсягу води проходить під час короткочасних паводків та весняних повеней, тоді як в інший час річки залишаються маловодними [23].

Серйозною загрозою для екосистем України стало хаотичне зведення малих гідроелектростанцій. Поштовхом до цього стала державна програма 2010 р., яка передбачала відновлення та запуск 75 МВт потужностей МГЕС. Це

спровокувало справжній «будівельний бум», зокрема з'явилися амбітні плани щодо зведення понад 500 станцій у Карпатському регіоні. Така активність викликала потужну хвилю протестів з боку екологів та місцевих громад, яка у 2012 р. переросла у масову кампанію проти «міні-ГЕСізації» Карпат.

Головна проблема полягає в тому, що в Україні досі немає зваженої програми розвитку галузі, яка б враховувала екологічні обмеження.

Доцільність масового будівництва малих ГЕС (МГЕС) в Україні є сумнівною не лише з точки зору державної енергетичної стратегії, а й через їхню надмірну ресурсомісткість. Дослідження показують, що малі станції завдають значно більшої питомої шкоди довкіллю на кожну вироблену одиницю енергії, ніж великі об’єкти [26].

Через рівнинний ландшафт і нерівномірний стік річок, більшість МГЕС змушені використовувати водосховища. Показник співвідношення площі водосховища до річного виробітку енергії (км² на млн кВт·год) у малих ГЕС у 9 разів гірший, ніж у великих. Зменшення водності українських річок, особливо в посушливі періоди (межень), вже змусило державу обмежити використання води для ГЕС на таких великих артеріях, як Дніпро, Дністер, Південний Буг та Случ [29].

Для того, щоб нові ГЕС могли працювати в умовах маловоддя, знадобиться ще сильніше штучне втручання у стік річок. Додаткове регулювання стоку посилює негативний вплив на річкову флору та фауну і призводить до деградації екосистем.

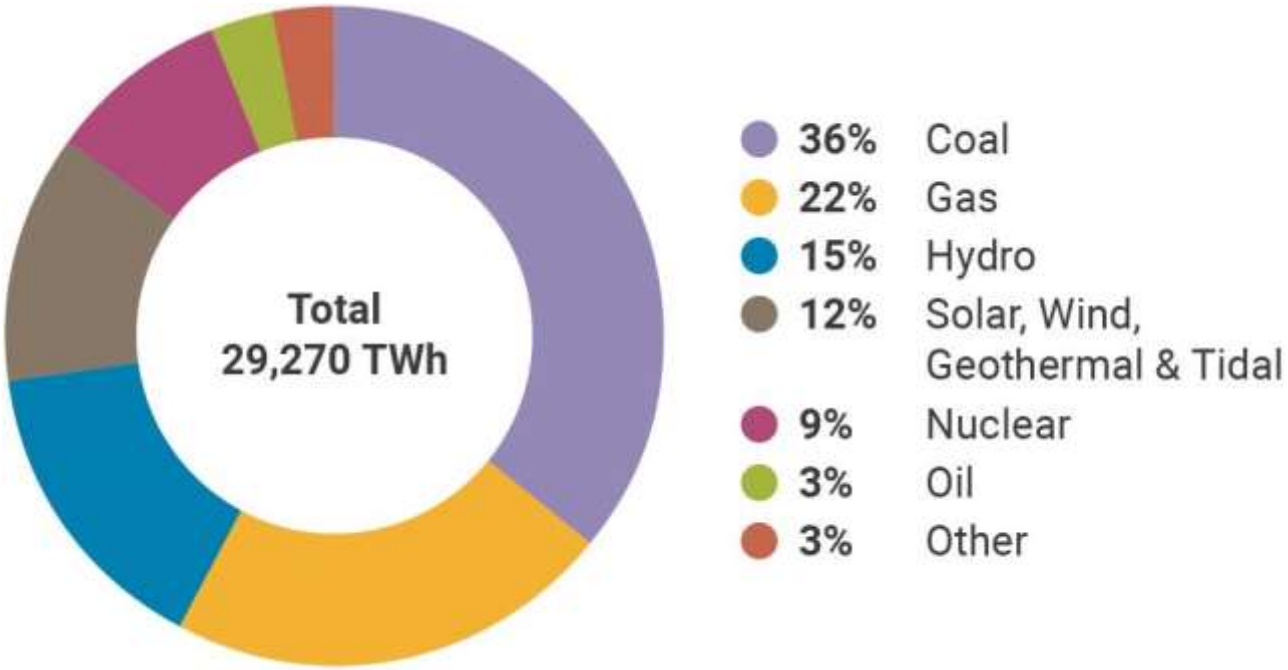


Рис. 1.3. Структура виробництва електроенергії [33]

Гідроенергетика починає прямо конкурувати за воду з іншими споживачами (сільське господарство, промисловість, побутові потреби), що може обмежити доступ людей до життєво необхідного ресурсу.

Таким чином, подальший розвиток гідроенергетики за старою моделлю в умовах кліматичних змін загрожує не лише екологічним станом річок, а й загальною водною безпекою країни [32].

Таблиця 1.6

Переваги та недоліки гідроенергетики [38]

Переваги	**Недоліки**
відновлюване джерело	залежність від водності
низькі викиди CO_2	вплив на екосистеми
маневровість	затоплення територій
швидке регулювання енергії	висока вартість будівництва

У світовій практиці МГЕС зазвичай забезпечують потреби конкретних громад (табл. 1.6). В Україні ж жодна станція не має автономної схеми

енергопостачання для місцевих жителів. Замість соціально-економічного розвитку регіони отримують нові проблеми. Проєкти МГЕС часто стають суто комерційними інструментами для заробітку на високих тарифах, що призводить до конфліктів між бізнесом і суспільством. Неконтрольоване будівництво каскадів МГЕС уже призвело до катастрофічного стану багатьох річок, як рівнинних (Південний Буг, Случ, Рось, Серет), так і гірських (Красна, Ріка, Шипіт) [38].

За оцінками експертів (зокрема WWF в Україні), наслідки є вкрай тяжкими: втрата біорізноманіття – зникнення рідкісних видів риб та водних організмів; гідрологічні зміни – осушення русел, зміна режимів течії та погіршення якості води; перетворення річок на низку технічних водойм створює соціальну напругу та наближає регіони до екологічного колапсу [41].

РОЗДІЛ 2
АНАЛІЗ ВПЛИВУ КЛІМАТИЧНИХ ЗМІН НА ВОДНІ РЕСУРСИ ТА ГІДРОЕНЕРГЕТИКУ

2.1. Вплив змін температури повітря та опадів на річковий стік

Кліматичні зміни суттєво впливають на формування водного режиму річок та загальний стан водних ресурсів. Основними кліматичними чинниками, які визначають величину річкового стоку, є температура повітря та кількість

атмосферних опадів. Упродовж останніх десятиліть на території України спостерігається підвищення середньорічної температури повітря, що супроводжується зміною режиму випадання опадів [1].

Підвищення температури спричиняє збільшення випаровування води з поверхні ґрунтів, водойм і рослинності. Це призводить до скорочення запасів ґрунтової вологи та поступового зменшення водності річок. Особливо помітними ці процеси є у степових та південних районах України, де дефіцит водних ресурсів відчувається найбільше.

Кліматичні зміни також впливають на сезонність річкового стоку. Весняне водопілля стає менш вираженим через скорочення снігового покриву та швидше танення снігу. Водночас у літній період збільшується ризик паводків, пов'язаних із сильними зливовими дощами. Зміна режиму опадів негативно позначається на стані малих річок. У багатьох регіонах України спостерігається обміління водотоків тапересихання окремих річок у посушливі періоди року [4].

Посухи, паводки та повені є одними з найнебезпечніших наслідків кліматичних змін. Вони створюють значні ризики для водного господарства, енергетики, сільського господарства та населення.

Посухи призводять до дефіциту водних ресурсів, зменшення рівня води у річках та водосховищах, а також погіршення якості води. Це негативно впливає на водопостачання населення, зрошення сільськогосподарських угідь та роботу промислових підприємств [5].

Паводки та повені виникають унаслідок сильних опадів або швидкого танення снігу. Вони супроводжуються підтопленням територій, руйнуванням доріг, мостів та гідротехнічних споруд. Значних збитків зазнають населені пункти та сільське господарство.

Особливо небезпечними є паводки у Карпатському регіоні України, де гірський рельєф сприяє швидкому підняттю рівня води у річках.

Сучасний стан водного потенціалу України характеризується зростанням антропогенного навантаження та посиленням впливу природних змін, що зумовлює поступове погіршення якісних і кількісних показників водних ресурсів. Особливої уваги потребує проблема виснаження малих річок, які є найбільш вразливими до змін клімату та господарської діяльності. Зменшення їх водності призводить до порушення гідрологічного режиму великих річкових систем та зниження загальної водозабезпеченості територій [10].

Важливою проблемою є також забруднення поверхневих і підземних вод. Надмірне надходження промислових, сільськогосподарських і побутових забруднювальних речовин спричиняє погіршення якості води, що обмежує її використання для питних та господарських потреб. У багатьох регіонах України спостерігається перевищення гранично допустимих концентрацій шкідливих речовин, що створює загрозу для здоров’я населення та стану екосистем [15].

Окремо слід відзначити вплив кліматичних змін на водний потенціал. Підвищення температури повітря та зменшення снігонакопичення призводять до зміни режиму живлення річок, скорочення періоду весняного водопілля та збільшення тривалості меженного періоду. Це, у свою чергу, знижує стабільність водопостачання та ускладнює функціонування водогосподарських систем [36].

У зв’язку з цим особливого значення набуває впровадження заходів раціонального використання водних ресурсів. Серед них – модернізація систем водопостачання, зменшення втрат води, очищення стічних вод, відновлення малих річок та впровадження сучасних технологій у сільському господарстві, що дозволяють зменшити водоспоживання [51].

Отже, водний потенціал України потребує комплексного підходу до його збереження та управління, оскільки від його стану залежить екологічна безпека, економічна стабільність та якість життя населення.

2.2. Проблеми функціонування гідроелектростанцій в умовах кліматичних змін

Функціонування гідроелектростанцій безпосередньо залежить від водності річок та стабільності гідрологічного режиму. Кліматичні зміни створюють серйозні проблеми для роботи гідроенергетичних об’єктів. Зменшення річкового стоку призводить до скорочення виробництва електроенергії на гідроелектростанціях. Особливо це стосується малих ГЕС, які є більш залежними від сезонних коливань водності. Крім того, екстремальні погодні явища можуть спричиняти пошкодження гідротехнічних споруд, підтоплення територій та порушення стабільної роботи енергосистеми. Водночас гідроенергетика залишається важливим джерелом відновлюваної енергії та має значний потенціал для розвитку в Україні [2, 3].

Функціонування гідроелектростанцій безпосередньо залежить від водності річок, сезонного розподілу стоку та стабільності гідрологічного режиму. У зв’язку з цим кліматичні зміни виступають одним із ключових чинників, що визначають ефективність та надійність роботи гідроенергетичних об’єктів.

Однією з головних тенденцій сучасних кліматичних змін є зменшення загального річкового стоку в багатьох регіонах України, особливо в басейнах малих і середніх річок. Це пов’язано зі зростанням середньорічної температури повітря, підвищенням випаровуваності та зменшенням кількості ефективних опадів у теплий період року. У результаті знижується рівень водності річок, що безпосередньо призводить до скорочення обсягів виробництва електроенергії на гідроелектростанціях [6].

Важливим наслідком кліматичних змін є також трансформація сезонного режиму річкового стоку. Традиційно для більшості річок України характерним було виражене весняне водопілля, яке формувалося за рахунок танення

снігового покриву. Однак у сучасних умовах через скорочення тривалості зими та зменшення запасів снігу водопілля стає менш інтенсивним і більш короткочасним. Це порушує звичний режим роботи гідроелектростанцій, зменшує можливості прогнозування виробництва електроенергії та ускладнює управління водними ресурсами у водосховищах.

Кліматичні зміни також спричиняють зростання частоти та інтенсивності екстремальних гідрометеорологічних явищ. У періоди надмірних опадів можливі паводки та різкі підйоми рівня води, що створює ризики перевантаження гідротехнічних споруд, підвищує небезпеку аварійних ситуацій та вимагає оперативного регулювання скиду води. Натомість у періоди тривалих посух спостерігається критичне зниження водності річок, що обмежує або навіть тимчасово зупиняє роботу окремих гідроелектростанцій [7].

Особливо чутливими до змін клімату є малі гідроелектростанції, які функціонують на невеликих річках із обмеженим водозбором. Вони швидко реагують на коливання кількості опадів і температурного режиму, тому їхня робота є нестабільною в умовах тривалих посух або нерівномірного випадання опадів. Великі гідроелектростанції, хоча й мають водосховища, також залежать від загального водного балансу річкових басейнів, який поступово змінюється під впливом кліматичних чинників [9].

Крім кількісних змін водних ресурсів, кліматичні зміни впливають і на якісні характеристики води. Підвищення температури води у водосховищах сприяє активнішому розвитку водоростей та погіршенню кисневого режиму, що може ускладнювати експлуатацію гідротехнічних систем і впливати на стан обладнання.

Таким чином, кліматичні зміни істотно впливають на функціонування гідроелектростанцій, зумовлюючи зменшення стабільності водного стоку, підвищення ризиків екстремальних ситуацій та ускладнення управління

водними ресурсами. Це потребує удосконалення систем прогнозування, модернізації гідроенергетичної інфраструктури та впровадження адаптаційних заходів для забезпечення стабільної роботи енергетичної системи в умовах змінного клімату [12].

Гідроенергетика України є важливою складовою національної енергетичної системи та одним із ключових джерел відновлюваної енергії. Вона виконує не лише функцію виробництва електроенергії, але й забезпечує регулювання пікових навантажень енергосистеми, стабілізацію роботи інших електростанцій та частково вирішує питання водогосподарського регулювання. Водночас сучасний стан гідроенергетики характеризується низкою проблем, що обмежують її ефективний розвиток [16].

Однією з основних проблем є зношеність інфраструктури гідроелектростанцій. Значна частина гідротехнічних споруд була побудована в середині XX ст., тому обладнання потребує модернізації та реконструкції. Застарілі гідроагрегати мають нижчий коефіцієнт корисної дії, що зменшує ефективність виробництва електроенергії та підвищує витрати на їх експлуатацію [28].

Суттєвою проблемою є також екологічні наслідки зарегулювання річкового стоку. Будівництво водосховищ призвело до зміни природного гідрологічного режиму річок, підтоплення значних територій, зникнення природних заплав та зменшення біорізноманіття. Особливо це стосується річкових екосистем басейну Дніпра, де каскад водосховищ істотно трансформував природні ландшафти. Крім того, спостерігається замулення водосховищ, що зменшує їх корисний об’єм та погіршує умови роботи гідроелектростанцій [29].

Ще однією важливою проблемою є конфлікт інтересів між різними видами водокористування. Вода у річкових басейнах використовується одночасно для енергетики, сільського господарства, промисловості та питного

водопостачання. У періоди дефіциту водних ресурсів виникає конкуренція між цими секторами, що ускладнює ефективне управління водними ресурсами та може обмежувати виробництво електроенергії.

Окремо слід відзначити вплив кліматичних змін, які посилюють існуючі проблеми гідроенергетики. Зменшення річкового стоку, нестабільність опадів та часті посухи призводять до зниження надійності роботи гідроелектростанцій і ускладнюють довгострокове планування їх функціонування [30].

Водночас гідроенергетика України має значний потенціал для подальшого розвитку. Вона є одним із найекологічніших джерел енергії, оскільки характеризується низьким рівнем викидів парникових газів та можливістю швидкого регулювання потужності залежно від потреб енергосистеми. Це особливо важливо в умовах переходу до низьковуглецевої економіки та інтеграції України до європейського енергетичного простору [31].

Перспективи розвитку гідроенергетики пов’язані насамперед із модернізацією існуючих гідроелектростанцій, впровадженням сучасних технологій автоматизації та підвищенням енергоефективності обладнання. Важливим напрямом є також розвиток малих гідроелектростанцій із обов’язковим дотриманням екологічних вимог та мінімізацією впливу на природні екосистеми [35].

Окреме значення має впровадження принципів сталого розвитку та басейнового управління водними ресурсами, що дозволяє забезпечити баланс між енергетичними потребами, екологічною безпекою та соціально-економічними інтересами. У перспективі гідроенергетика може відігравати ще більшу роль у забезпеченні енергетичної стабільності України за умови комплексного підходу до її розвитку та врахування кліматичних викликів [57].

2.3. Особливості змін водного потенціалу України в сучасних умовах

У сучасних умовах водний потенціал України зазнає значних змін під впливом кліматичних та антропогенних чинників. Підвищення температури повітря, нерівномірний розподіл опадів та збільшення частоти посух негативно впливають на забезпеченість території водними ресурсами [1].

Водні ресурси України є важливою складовою природно-ресурсного потенціалу держави та визначають можливості розвитку промисловості, сільського господарства, енергетики й забезпечення населення питною водою. Проте в останні десятиліття спостерігаються суттєві зміни кількісних характеристик водних ресурсів, які пов'язані як із глобальними кліматичними змінами, так і з антропогенним навантаженням на водні екосистеми [15].

Таблиця 2.1

Основні наслідки кліматичних змін для водних ресурсів [4]

Кліматичний чинник	Наслідок	Вплив
Підвищення температури	Випаровування води	Зменшення водності річок
Посухи	Дефіцит води	Погіршення водопостачання
Сильні опади	Паводки	Підтоплення територій

Одним із найважливіших проявів кліматичних змін є підвищення середньорічної температури повітря (табл. 2.1). За даними кліматичних спостережень, температура на території України зростає швидше, ніж у середньому по планеті. Це призводить до збільшення інтенсивності випаровування з поверхні водойм, ґрунтів та рослинного покриву. Внаслідок цього скорочується обсяг води, який бере участь у формуванні поверхневого та підземного стоку [36].

Важливим чинником змін водного потенціалу є трансформація режиму атмосферних опадів. Загальна річна кількість опадів у багатьох регіонах

змінюється незначно, проте суттєво змінюється їхній розподіл упродовж року. Все частіше спостерігаються тривалі бездощові періоди, які чергуються з інтенсивними короткочасними зливами. Такі опади не забезпечують належного поповнення запасів підземних вод і часто спричиняють поверхневий стік та ерозійні процеси [5].

Суттєвих змін зазнає і гідрологічний режим річок. У багатьох басейнах України спостерігається тенденція до зменшення середньорічного стоку. Особливо вразливими є малі річки, які швидко реагують на зміни кліматичних умов через невеликі площі водозбору. У посушливі роки окремі водотоки можуть суттєво міліти або навіть тимчасово пересихати, що негативно впливає на стан природних екосистем та водозабезпечення населення [10].

Значні зміни відбуваються у сезонному розподілі водних ресурсів. Традиційно основна частина річкового стоку формувалася під час весняного водопілля внаслідок танення снігу. Однак через підвищення зимових температур скорочуються площі та тривалість снігового покриву, що призводить до зменшення обсягів весняного стоку. Натомість зростає частка дощового живлення річок, а режим їхньої водності стає менш стабільним [51].

Особливо помітними є зміни у водозабезпеченості різних регіонів країни. Найбільший дефіцит водних ресурсів спостерігається в степовій зоні України, де природна водозабезпеченість є найнижчою. Тут скорочення річкового стоку супроводжується підвищенням потреб у воді для зрошення сільськогосподарських угідь. Водночас у Карпатському регіоні та на заході України збільшується ризик виникнення паводків через зростання інтенсивності атмосферних опадів та швидке формування поверхневого стоку [1, 4].

Важливою складовою кількісних змін водних ресурсів є стан підземних вод. У багатьох районах країни спостерігається зниження рівнів ґрунтових вод, що пов'язано як зі зменшенням природного поповнення водоносних горизонтів,

так і з інтенсивним водозабором для господарських потреб. Це створює додаткові ризики для забезпечення населення якісною питною водою та може призводити до деградації водно-болотних угідь [15].

На зміни кількісних характеристик водних ресурсів також впливає господарська діяльність людини. Будівництво водосховищ, меліоративні заходи, урбанізація та зміна структури землекористування змінюють природний режим формування стоку, що часто посилює негативні наслідки кліматичних змін. У результаті відбувається зростання нерівномірності розподілу водних ресурсів як у просторі, так і в часі [48].

Таким чином, сучасні зміни кількісних характеристик водних ресурсів України проявляються у скороченні водності окремих річкових басейнів, зміні сезонного режиму стоку, зменшенні запасів підземних вод та посиленні регіональної нерівномірності водозабезпечення. Ці процеси становлять серйозний виклик для сталого розвитку країни та потребують впровадження ефективних заходів управління водними ресурсами.

міни водного потенціалу України мають чітко виражений регіональний характер, що обумовлено природними особливостями території, кліматичними умовами, густотою річкової мережі та рівнем господарського освоєння. Внаслідок кліматичних змін та антропогенного впливу окремі регіони країни по-різному реагують на зміни водного режиму, що призводить до посилення територіальної нерівномірності забезпечення водними ресурсами [15].

Найбільш водозабезпеченим регіоном України традиційно є західна частина країни, зокрема територія Українських Карпат. Тут формується значна частина поверхневого стоку завдяки великій кількості атмосферних опадів, складному рельєфу та густій річковій мережі. Основними водотоками регіону є Дністер, Прут, Тиса та їхні численні притоки. Проте останніми роками в Карпатах спостерігається зростання частоти та інтенсивності паводків, що пов'язано зі збільшенням кількості сильних злив, швидким таненням снігу та

зміною структури опадів. Це створює загрозу для населених пунктів, транспортної інфраструктури та господарських об'єктів [1, 4].

У центральній частині України основним джерелом водних ресурсів є басейн Дніпра, який забезпечує водою значну частину населення та економіки держави. Однак зміни клімату спричиняють поступове скорочення природного стоку річок, особливо в маловодні роки. Крім того, значний вплив на водний режим мають водосховища Дніпровського каскаду, які регулюють стік та змінюють природні гідрологічні процеси [10].

Південні області України характеризуються найнижчим рівнем природної водозабезпеченості. Для Причорномор'я та степової зони характерні високі показники випаровування, невелика кількість опадів та обмежені запаси поверхневих вод. У зв'язку зі зміною клімату дефіцит водних ресурсів у цих регіонах посилюється, що негативно впливає на розвиток сільського господарства, особливо зрошуваного землеробства. У багатьох районах зростає ризик посух, деградації ґрунтів та опустелювання окремих територій [15, 51].

Східні регіони України також належать до територій із підвищеним рівнем водного дефіциту. Водозабезпечення тут значною мірою залежить від річок басейну Сіверського Дінця та штучних водогосподарських систем. Висока концентрація промислових підприємств та значне водоспоживання створюють додаткове навантаження на водні ресурси регіону. В умовах потепління клімату проблема раціонального використання води набуває особливої актуальності [48].

Особливе значення для формування водного потенціалу країни мають великі річкові басейни України – Дніпра, Дністра, Дунаю, Південного Бугу та Сіверського Дінця. Кожен із них характеризується специфічними природними умовами та особливостями водного режиму. Саме тому сучасна система управління водними ресурсами ґрунтується на басейновому принципі, який передбачає комплексне врахування природних і соціально-економічних

особливостей кожного басейну.

Таким чином, регіональні особливості змін водного потенціалу України проявляються у зростанні контрастності між водозабезпеченими та маловодними територіями, посиленні ризиків паводків у західних областях і дефіциту водних ресурсів у південних та східних регіонах. Це потребує розробки диференційованих заходів управління водними ресурсами з урахуванням специфіки кожного регіону країни.

Окрім кліматичних змін, важливим чинником трансформації водного потенціалу України є антропогенна діяльність. Упродовж тривалого часу інтенсивне господарське освоєння території супроводжувалося значним навантаженням на водні ресурси, що призвело до зміни природного режиму річок, погіршення якості води та скорочення доступних запасів прісної води.

Одним із головних джерел антропогенного впливу є промисловість, яка використовує значні обсяги водних ресурсів для технологічних потреб. Особливо високим рівнем водоспоживання характеризуються металургійна, хімічна та енергетична галузі. Поряд із забором води суттєвою проблемою залишається скидання недостатньо очищених стічних вод, що призводить до забруднення річок і водосховищ сполуками важких металів, нафтопродуктами, органічними речовинами та іншими забруднювачами [48].

Вагомий вплив на стан водних ресурсів здійснює сільське господарство. Використання мінеральних добрив та засобів захисту рослин сприяє надходженню до водойм сполук азоту і фосфору, що викликає евтрофікацію водних об'єктів та погіршення якості води. Крім того, розвиток зрошувального землеробства в південних регіонах супроводжується значним водоспоживанням, що посилює дефіцит водних ресурсів у маловодних районах [15].

Суттєві зміни природного водного режиму пов'язані з будівництвом водосховищ і гідротехнічних споруд. Створення каскадів водосховищ на Дніпрі

та інших річках дозволило забезпечити потреби енергетики, водопостачання та судноплавства, однак водночас спричинило трансформацію природного стоку, уповільнення течії, замулення окремих ділянок та погіршення умов існування водних екосистем [29]. Зарегулювання стоку також впливає на процеси самоочищення річок та може призводити до зміни температурного режиму водойм [23].

Важливим чинником є урбанізація та зростання площ забудованих територій. У містах значна частина атмосферних опадів не проникає в ґрунт через асфальтове та бетонне покриття, а швидко відводиться через системи зливової каналізації. Це зменшує поповнення запасів підземних вод та сприяє формуванню паводкових явищ під час інтенсивних опадів [5].

У сучасних умовах особливого значення набуває збереження та раціональне використання водного потенціалу України. Одним із ключових напрямів є впровадження інтегрованого управління водними ресурсами за басейновим принципом, що відповідає вимогам Водної рамкової директиви Європейського Союзу [40]. Такий підхід передбачає комплексне управління водними об'єктами в межах річкових басейнів з урахуванням екологічних, економічних і соціальних аспектів.

Важливими заходами є модернізація систем водопостачання та водовідведення, зменшення втрат води під час транспортування, впровадження сучасних технологій очищення стічних вод та повторного використання водних ресурсів. Значний потенціал має застосування водозберігаючих технологій у промисловості та сільському господарстві, зокрема краплинного зрошення та замкнених циклів водокористування [5].

Для збереження водного потенціалу важливе значення має також відновлення природних екосистем. Збереження лісів у водозбірних басейнах, відновлення заплав річок і водно-болотних угідь сприяє накопиченню та регулюванню водних ресурсів, зменшує ризик паводків і посух та покращує

якість води [25].

Отже, антропогенний вплив є одним із визначальних чинників змін водного потенціалу України. Раціональне використання водних ресурсів, удосконалення системи водокористування та впровадження природоохоронних заходів є необхідними умовами забезпечення водної безпеки держави та збереження її водного потенціалу в умовах сучасних кліматичних викликів.

Зміни водного потенціалу України безпосередньо впливають на функціонування енергетичного сектору, насамперед гідроенергетики. Зменшення водності річок та зміна режиму їхнього стоку призводять до скорочення обсягів виробництва електроенергії на гідроелектростанціях. У маловодні періоди рівень води у водосховищах знижується, що обмежує можливості роботи гідроагрегатів та зменшує ефективність використання встановлених потужностей (табл. 2.2) [29].

Однією з найважливіших проблем є нерівномірність надходження водних ресурсів упродовж року. Якщо раніше основний обсяг води надходив під час весняного водопілля, то сьогодні через зміну клімату спостерігається порушення традиційного гідрологічного режиму. Це ускладнює прогнозування виробництва електроенергії та планування роботи енергосистеми [15].

Зростання частоти екстремальних гідрометеорологічних явищ також створює додаткові ризики для енергетичної інфраструктури. Повені та паводки можуть пошкоджувати гідротехнічні споруди, лінії електропередач та інші об'єкти енергетики. Водночас тривалі посухи призводять до зниження рівнів води у водосховищах і скорочення виробництва електроенергії [1].

Таблиця 2.2

Основні проблеми гідроенергетики [4]

Проблема	Причина	Наслідок

Зменшення виробництва енергії	Малий річковий стік	Дефіцит електроенергії
Пошкодження ГЕС	Паводки	Фінансові збитки
Обміління водосховищ	Посухи	Погіршення роботи ГЕС

Серйозною проблемою є замулення водосховищ, яке посилюється внаслідок ерозійних процесів на водозбірних територіях. Накопичення наносів зменшує корисний об'єм водосховищ та погіршує умови експлуатації гідроелектростанцій. Це потребує додаткових витрат на очищення та реконструкцію гідротехнічних споруд [29].

В умовах зміни клімату зростає також конкуренція між різними водокористувачами. Вода одночасно необхідна для виробництва електроенергії, забезпечення населення питною водою, потреб промисловості, сільського господарства та підтримання екологічного стану річкових екосистем. У періоди дефіциту водних ресурсів виникає необхідність визначення пріоритетів їх використання, що може обмежувати можливості розвитку гідроенергетики [23].

Крім того, розвиток нових гідроенергетичних об'єктів часто супроводжується екологічними та соціальними проблемами. Будівництво водосховищ може призводити до затоплення земель, зміни природних ландшафтів, порушення міграції риб та трансформації річкових екосистем. Тому сучасний розвиток гідроенергетики потребує обов'язкового врахування екологічних вимог та проведення оцінки впливу на довкілля [22, 31].

Отже, основними проблемами енергетики в умовах змін водного потенціалу є зменшення виробництва гідроенергії, нестабільність водного режиму річок, зростання ризиків для енергетичної інфраструктури, посилення конкуренції за водні ресурси та необхідність забезпечення екологічної безпеки під час експлуатації й будівництва гідроенергетичних об'єктів.

2.4. Вплив кліматичних змін на водно-ресурсний потенціал розвитку малої гідроенергетики Гайворонщини

Кліматичні зміни істотно трансформують водні ресурси регіонів, впливаючи на формування стоку, сезонність, частоту екстремальних гідрометеорологічних явищ та водогосподарську безпеку. Гайворонщина, розташована у межах Придніпровської та Подільської височин, є показовою територією для аналізу реакції річкових систем міжзонального геоекотону «лісостеп-степ» Правобережної України на глобальне потепління [51].

Таблиця 2.3

Середні місячні показники температури, опадів по метеорологічній станції Гайворон за 1961-1990 рр. (за даними м/с Гайворон) [27]

	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Рік
t °C	-5.1	-3.6	1.2	9.1	15.2	18.2	19.5	18.9	14.4	8.3	2.8	-1.6	8.1
Опади, мм	38.0	39.0.0	34.0	41.0	55.0	85.0	85.0	55.0	42.0	28.0	39.0	41.0	582.0

За кліматичну норму до 2020 р. було прийнято використовувати середні місячні показники температури та опадів за 1961–1990 рр. Враховуючи тенденції зміни температурних показників та кількості опадів, починаючи з 2021 р. були прийняті нові кліматичні норми, розраховані відповідно до кожної метеорологічної станції (табл. 2.3, 2.4) [4].

Таблиця 2.4

Середні місячні показники температури та опадів по метеорологічній станції Гайворон за розрахунками кліматичної норми за 1991–2020 рр. (за даними м/с Гайворон) [27]

	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Рік
t, °C	-3.0	-1.6	3.2	10.2	15.9	19.6	22.5	20.7	15.2	9.0	3.5	-1.3	9.4
Опади,	32.0	29.0	33.0	36.0	52.0	81.0	75.0	49.0	53.0	39.0	40.0	36.0	555.0

мм													

Таким чином, по м/с Гайворон середньорічна температура підвищилась на 1,3 °С, а кількість опадів зменшилась на 27 мм [4].

Для кількісної оцінки стану водних ресурсів використовується рівняння водного балансу території:

$$R = P – E – \Delta S, \text{ де}$$

R – річний шар стоку (мм);

P – річна сума опадів (мм);

E – сумарне випаровування (мм);

ΔS – зміна запасів води у активному шарі ґрунту та водоймах (мм).

Для оцінки річкової водності використано модуль стоку (кількість води, що стікає за одиницю часу з одиниці площі водозбірного басейну):

$$q = Q / F, \text{ де}$$

q – модуль стоку (л/с·км²);

Q – середня витрата (м³/с);

F – площа водозбору (км²).

Враховуючи, що річки є по суті «продуктом клімату», і лише окремі особливості ландшафту можуть частково впливати на їхнє живлення, не змінюючи основної гідрологічної характеристики, кліматичні зміни спричинили зменшення максимального та загального річного стоку. Це проявляється у зниженні інтенсивності повеней, збільшенні кількості зимових відлиг, зміні режиму та інтенсивності опадів у бік зростання ерозійної загрози, а також у заростанні та замуленні малих річок. Це супроводжується інтенсивним зростанням випаровуваності (особливо з дзеркала водосховищ Гайворонського каскаду ГЕС) та скороченням кількості опадів (Додаток Г) [4]. Такі зміни призвели до зменшення середньої водності Південного Бугу в межах

регіону з 2,05 до 1,39 л/с км^2 , що свідчить про поступове гідрологічне виснаження басейну під впливом ксерофілізації клімату [48].

Зменшення середньої витрати води безпосередньо знижує потужність Гайворонського каскаду ГЕС, оскільки гідроенергетичне рівняння:

$$P = \eta \cdot \rho \cdot g \cdot Q \cdot H, \text{ де:}$$

P – потужність гідроагрегату, Вт (Ватт);

η – коефіцієнт корисної дії (ККД) турбіни та генератора (зазвичай 0.75–0.95);

ρ – щільність води (близько 1000 кг/м^3);

g – прискорення вільного падіння (9.81 м/с^2);

Q – витрата води (об'ємна витрата), м^3/с;

H – розрахунковий напір (різниця висот), **м**., містить параметр витрати води Q як лінійний множник.

Особливостями сучасного гідрологічного режиму, які суттєво впливають на роботу малих гідроелектростанцій є [27]:

1) *скорочення весняного водопілля* – традиційний пік виробітку енергії зміщується або стає недостатньо вираженим через брак снігового живлення;

2) *тривалі літні межені* – у липні-серпні через високу температуру та низький стік турбіни часто працюють у режимі недовантаження або зупиняються для підтримання санітарного пропуску;

3) *екстремальні явища* – зростає частота короткочасних, але інтенсивних злив, які створюють навантаження на гідротехнічні споруди, проте не дають тривалого енергетичного ефекту, у періоди маловоддя (осінь,зима) робота турбін часто відбувається у режимі недовантаженя.

Під час проєктування малих ГЕС Гайворонського каскаду були враховані гідрологічні особливості Південного Бугу і запропоновано використовувати турбіни, що ефективно працюють при низьких напорах та змінних витратах води [36].

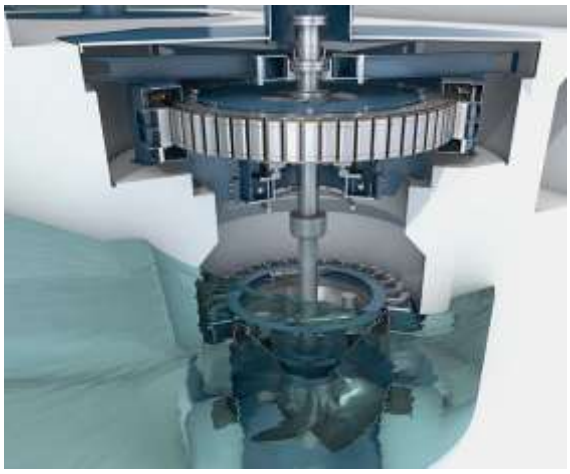


Рис. 2.1. Турбіна Каплана [48]

На Гайворонському каскаді (всі ГЕС) встановлені турбіни Каплана різної конструкції та різних років випуску, гідрегати з регульованими лопатями, дають змогу працювати у широкому діапазоні витрат і напорів (5-70 м) (рис. 2.1). У 1950-х рр. надходили в СРСР як репарації або за рахунок внутрішніх розрахунків. Це були турбіни найвищої європейської якості, які фактично діставалися радянській енергетиці безкоштовно або за дуже низькою ціною. Турбіни Каплана австрійського виробництва 1950-х років вважалися «невбиваними». У контексті радянської сільської електрифікації було важливо встановити агрегат, який працюватиме десятиліттями без складного сервісу. На багатьох малих ГЕС України (наприклад, на річках Поділля чи Черкащини) ці турбіни успішно відпрацювали по 50–60 р. без капітального ремонту, що підтвердило правильність вибору. Вони вирізняються високою ефективністю при змінному водному режимі можливістю регулювання нахилу лопатей та придатністю до середніх і малих гідроелектростанцій. Коефіцієнт корисної дії таких турбін може сягати 90 %, що робить їх одним із ефективних рішень у сучасній малій гідроенергетиці. Доцільною є інтеграція малих ГЕС з іншими відновлювальними джерелами енергії (ВДЕ), зокрема сонячними електростанціями, що на сьогодні практикується на прикладі Чернятської та

Березівської ГЕС. Оскільки пік сонячної активності збігається з періодами літньої межені на річках, це дозволить збалансувати сезонні коливання виробітку. Також необхідне впровадження автоматизованих систем моніторингу гідрологічних показників для оперативного прогнозування режимів роботи станцій каскаду [27].

Отже, кліматичні зміни мають суттєвий вплив на водні ресурси та гідроенергетику України. Підвищення температури повітря, зміна режиму опадів, збільшення кількості посух і паводків призводять до зменшення водності річок та ускладнюють функціонування гідроелектростанцій. У сучасних умовах особливого значення набуває раціональне використання водних ресурсів, модернізація гідротехнічних споруд та впровадження заходів адаптації до кліматичних змін.

РОЗДІЛ 3
ПРОФЕСІЙНЕ ПЕДАГОГІЧНЕ СПРЯМУВАННЯ РЕЗУЛЬТАТІВ ДОСЛІДЖЕННЯ

3.1. Місце теми у чинній програмі з географії закладів загальної середньої освіти

Проблематика кліматичних змін, водного потенціалу та гідроенергетики займає важливе місце у сучасному шкільному курсі географії. У процесі

вивчення географії учні ознайомлюються з особливостями природних ресурсів, глобальними екологічними проблемами, кліматичними процесами та їхнім впливом на господарство і населення.

Тема кліматичних змін розглядається у курсах фізичної географії України та світу, а також у соціально-економічній географії. Учні вивчають причини глобального потепління, наслідки зміни клімату, проблеми водозабезпечення та розвиток відновлюваної енергетики.

Важливе значення має формування екологічної свідомості школярів. У процесі навчання учні повинні усвідомити необхідність раціонального використання природних ресурсів та охорони навколишнього середовища. Зміст теми відповідає сучасним освітнім стандартам та сприяє формуванню ключових компетентностей учнів: екологічної грамотності, критичного мислення, уміння працювати з картографічними матеріалами та статистичними даними.

Особливу роль відіграє інтеграція географії з іншими навчальними предметами – біологією, екологією, фізикою та економікою. Це дозволяє комплексно розглядати проблеми зміни клімату та водного потенціалу.

Відповідно до чинних навчальних програм з географії для закладів загальної середньої освіти, питання кліматичних змін, водного потенціалу та гідроенергетики інтегровані у зміст курсів фізичної географії та соціально-економічної географії (табл. 3.1, рис. 3.1). Зокрема, у 6–7 класах учні ознайомлюються з загальними закономірностями будови географічної оболонки, компонентами природи та основами кліматичних процесів. У 8 класі під час вивчення фізичної географії України розглядаються кліматичні умови держави, внутрішні води, їхній стан і проблеми використання, що створює базу для розуміння водного потенціалу території.

Таблиця 3.1

Місце теми кліматичних змін, водного потенціалу та гідроенергетики

у шкільному курсі географії

Клас	Курс географії	Зміст теми	Ключові поняття
6 клас	Загальна географія	Географічна оболонка, компоненти природи	атмосфера, гідросфера, природні процеси
7 клас	Географія материків і океанів	Кліматичні процеси та природні явища	клімат, повітряні маси, океанічні течії
8 клас	Географія України (фізична)	Клімат України, внутрішні води, водні ресурси	водні ресурси, річкові системи, кліматичні чинники
9 клас	Географія України (економічна)	Природно-ресурсний потенціал, енергетика України	ПРП, гідроенергетика, ГЕС, водокористування
10 клас	Географія світу	Глобальні екологічні проблеми	зміна клімату, сталий розвиток
11 клас	Географія світу (узагальнення)	Світове господарство, енергетика, кліматичні виклики	відновлювана енергетика, глобальні зміни

У 9 класі в курсі соціально-економічної географії України значна увага приділяється природно-ресурсному потенціалу держави, структурі паливно-енергетичного комплексу та ролі відновлюваних джерел енергії, зокрема гідроенергетики. Учні аналізують розміщення гідроелектростанцій, їхнє значення в енергетичній системі країни та вплив на довкілля. У старшій школі (10–11 класи) у курсі географії світу поглиблюються знання про глобальні кліматичні процеси, міжнародні екологічні проблеми, стратегії сталого розвитку та роль різних країн у використанні природних ресурсів.

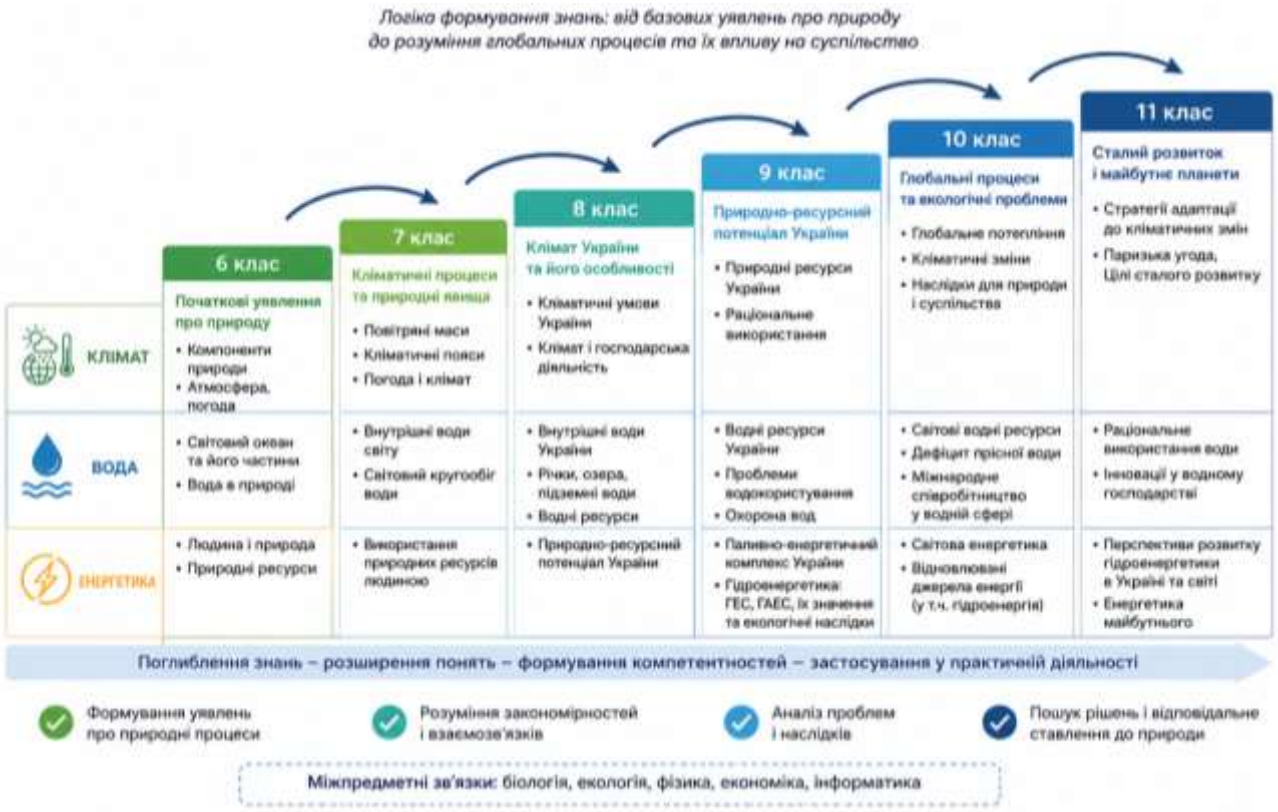


Рис. 3.1. Структура вивчення теми в шкільному курсі географії (6-11 класи)

Зміст даної теми повністю відповідає концепції Нової української школи (НУШ), оскільки спрямований на формування ключових компетентностей учнів. Зокрема, розвивається екологічна компетентність, що передбачає усвідомлення взаємозв’язків у природі та відповідальне ставлення до довкілля. Також формуються математична та інформаційно-цифрова компетентності через роботу зі статистичними даними, графіками, діаграмами та картографічними матеріалами.

Важливим є використання компетентнісного та діяльнісного підходів у навчанні, які передбачають не лише засвоєння теоретичних знань, але й формування вмінь аналізувати географічну інформацію, робити висновки та пояснювати причинно-наслідкові зв’язки. Це особливо актуально при вивченні тем, пов’язаних із кліматичними змінами, водними ресурсами та енергетикою.

Таким чином, дана проблематика є наскрізною у шкільному курсі географії та забезпечує реалізацію міжпредметних зв’язків, формування екологічної культури та підготовку учнів до розуміння сучасних глобальних викликів.

3.2. Форми, методи та засоби навчання під час вивчення теми

Ефективне вивчення теми кліматичних змін та водного потенціалу потребує використання сучасних форм і методів навчання. Однією з основних форм організації навчальної діяльності є урок географії, під час якого вчитель може використовувати різноманітні методичні підходи.

Таблиця 3.2

Методи навчання, приклади їх застосування та очікувані результати

Метод навчання	**Приклад застосування під час вивчення теми**	**Очікуваний результат**
Пояснювально-ілюстративний	Пояснення вчителем причин кліматичних змін із використанням схем парникового ефекту	Формування базових знань про кліматичні процеси
Проблемний	Обговорення питання: «Чому в південних регіонах України посилюється дефіцит води?»	Розвиток критичного мислення та вміння аналізувати проблеми
Дослідницький	Аналіз графіків змін температури повітря та водності річок України	Формування навичок роботи зі статистичними даними
Проєктний	Створення проєкту «Шляхи збереження водних ресурсів мого регіону»	Розвиток дослідницьких і практичних умінь
Інтерактивний (дискусія, «мозковий штурм»)	Дискусія про переваги та недоліки будівництва ГЕС	Формування вміння аргументувати власну думку
Інформаційно-комунікаційний (ІКТ)	Використання інтерактивних карт, відео та онлайн-ресурсів	Підвищення наочності та цифрової грамотності
Практичний	Побудова діаграм розподілу водних ресурсів України	Закріплення вмінь аналізу та візуалізації даних
Самостійна робота	Підготовка міні-дослідження про вплив кліматичних змін на річки регіону	Розвиток самостійності та дослідницьких навичок

Серед найважливіших методів навчання слід виділити пояснювально ілюстративний, проблемний, дослідницький та проєктний методи (табл. 3.2, рис. 3.2). Пояснювально-ілюстративний метод дає можливість сформувати базові знання про кліматичні зміни та їх наслідки.



Рис. 3.2. Інтелект карта методів, засобів і форм освітнього процесу

Проблемне навчання сприяє розвитку критичного мислення учнів. Учитель може пропонувати учням аналізувати екологічні проблеми, шукати шляхи раціонального використання водних ресурсів та оцінювати наслідки глобального потепління. Дослідницький метод передбачає виконання практичних робіт, аналіз статистичних даних, побудову графіків і діаграм. Учні можуть досліджувати зміни температури повітря, кількість опадів, динаміку річкового стоку та інші показники.

Проєктна діяльність дозволяє учням самостійно досліджувати певні проблеми та презентувати результати своєї роботи. Наприклад, учні можуть

створювати екологічні проєкти, презентації або інформаційні буклети щодо охорони водних ресурсів.

Важливе значення мають сучасні засоби навчання: карти, атласи, мультимедійні презентації, інтерактивні дошки, відеоматеріали та електронні ресурси. Використання інформаційно-комунікаційних технологій значно підвищує ефективність навчального процесу.

Важливою формою організації навчального процесу, окрім традиційного уроку, є також практичні та семінарські заняття, під час яких учні можуть поглиблювати знання з теми шляхом виконання завдань аналітичного та дослідницького характеру. Значну роль відіграють також інтегровані уроки, що поєднують географію з біологією, екологією та фізикою, що дозволяє комплексно розглядати проблеми кліматичних змін та водного потенціалу.

Ефективність навчання значною мірою залежить від активізації пізнавальної діяльності учнів. У цьому контексті доцільним є використання інтерактивних методів навчання, зокрема «мозкового штурму», дискусій, роботи в групах, рольових ігор та аналізу проблемних ситуацій. Наприклад, учні можуть обговорювати питання раціонального використання водних ресурсів у регіонах із різним рівнем водозабезпечення або оцінювати наслідки будівництва гідроелектростанцій для довкілля.

Сучасні вимоги освіти передбачають активне впровадження інформаційно-комунікаційних технологій. Використання геоінформаційних систем (ГІС), інтерактивних карт, онлайн-атласів та цифрових симуляцій кліматичних процесів дозволяє значно підвищити наочність навчального матеріалу та сприяє формуванню просторового мислення учнів. Крім того, мультимедійні презентації та навчальні відео допомагають краще зрозуміти складні природні процеси, зокрема механізм парникового ефекту та зміну кліматичних зон.

Особливе місце займає самостійна робота учнів, яка може включати підготовку рефератів, міні-досліджень, створення презентацій та виконання проєктів екологічного спрямування. Така діяльність сприяє розвитку дослідницьких навичок, уміння аналізувати інформацію та робити обґрунтовані висновки.

Засоби навчання, що використовуються під час вивчення теми, доцільно поділити на традиційні та сучасні. До традиційних належать підручники, атласи, настінні карти та таблиці. Сучасні засоби охоплюють цифрові освітні платформи, інтерактивні карти, відеолекції, презентації та онлайн-ресурси, які забезпечують більш глибоке та наочне засвоєння навчального матеріалу.

Отже, поєднання традиційних та інноваційних форм і методів навчання забезпечує ефективне засвоєння учнями знань про кліматичні зміни та водний потенціал, сприяє розвитку їхньої екологічної компетентності та формуванню практичних умінь аналізу географічних процесів.

3.3. Практичні роботи та навчальні проєкти з теми

Практичні роботи є важливою складовою навчального процесу під час вивчення теми кліматичних змін та водного потенціалу. Вони сприяють закріпленню теоретичних знань та формуванню практичних умінь учнів.

Однією з основних практичних робіт може бути аналіз кліматичних карт та статистичних даних про зміну температури повітря і кількості опадів. Учні можуть будувати графіки, діаграми та робити висновки щодо тенденцій кліматичних змін.

Важливе значення мають практичні роботи з аналізу водних ресурсів України. Учні можуть визначати найбільш водозабезпечені регіони, аналізувати проблеми дефіциту води та оцінювати вплив господарської діяльності на стан водойм.

Навчальні проєкти сприяють розвитку творчих здібностей та дослідницьких навичок учнів (табл. 3.3, 3.4). Тематика проєктів може стосуватися охорони водних ресурсів, розвитку гідроенергетики, наслідків глобального потепління або шляхів адаптації до кліматичних змін. Проєктна діяльність також формує навички роботи в групі, уміння презентувати результати досліджень та використовувати сучасні інформаційні технології.

Таблиця 3.3

Практичні роботи та навчальні проєкти: мета та очікувані результати

Практична робота / проєкт	**Мета виконання**	**Очікуваний результат**
Аналіз кліматичних карт та статистичних даних	Виявити зміни температури та опадів у різних регіонах	Формування вміння аналізувати кліматичні дані та робити висновки
Побудова графіків зміни температури та опадів	Візуалізувати динаміку кліматичних змін	Розвиток навичок роботи з графіками та діаграмами
Аналіз водних ресурсів України	Визначити рівень водозабезпечення регіонів	Уміння оцінювати просторові відмінності водних ресурсів
Оцінка впливу господарської діяльності на водойми	Дослідити антропогенний вплив на водні ресурси	Формування екологічного мислення та аналізу причин і наслідків
Проєкт «Вплив кліматичних змін на водні ресурси мого регіону»	Дослідити локальні прояви кліматичних змін	Розвиток дослідницьких навичок та регіонального мислення
Проєкт «Раціональне використання води в побуті»	Сформувати уявлення про економію водних ресурсів	Формування екологічної відповідальності
Проєкт «Перспективи розвитку гідроенергетики в Україні»	Проаналізувати роль ГЕС у енергосистемі	Розуміння значення відновлюваної енергетики
Робота з інтерактивними картами (GIS, онлайн-атласи)	Ознайомити з сучасними геоінформаційними технологіями	Розвиток цифрової та просторової компетентності

Важливим елементом організації практичної діяльності є використання статистичних матеріалів, кліматичних карт та даних гідрологічних спостережень. Під час виконання завдань учні можуть аналізувати багаторічні зміни температури повітря, режиму опадів та рівня водності річок, що дозволяє виявляти закономірності кліматичних і гідрологічних процесів. Особливу увагу слід приділяти порівняльному аналізу регіонів України з різним рівнем

водозабезпечення, що сприяє формуванню просторового мислення.

Окреме місце займає використання графічних методів подання інформації. Учні можуть будувати лінійні графіки зміни середньорічної температури, стовпчикові діаграми опадів та кругові діаграми структури водокористування. Це сприяє розвитку навичок візуалізації даних та їх інтерпретації.

Таблиця 3.4

Компетентності, що формуються під час практичних робіт і проектів

Вид діяльності	**Компетентність**	**Результат**
Аналіз кліматичних даних	Природничо-екологічна	Розуміння кліматичних процесів
Побудова графіків	Математична	Робота з кількісними даними
Робота з картами	Просторова	Орієнтування в географічному просторі
Проєктна діяльність	Ключові компетентності НУШ	Самостійність і критичне мислення
Презентації	Інформаційно-цифрова	Вміння презентувати результати

Навчальні проєкти доцільно організовувати за певними етапами: підготовчий (визначення теми та мети), дослідницький (збір і аналіз інформації), аналітичний (опрацювання результатів) та презентаційний (представлення висновків). Така структура забезпечує системність виконання роботи та формує в учнів навички планування власної діяльності.

Прикладами навчальних проєктів можуть бути: «Вплив кліматичних змін на водні ресурси мого регіону», «Перспективи розвитку гідроенергетики в Україні», «Раціональне використання води в побуті», «Екологічний стан річок України» або «Відновлювана енергетика як шлях сталого розвитку». Виконання таких проєктів сприяє формуванню екологічної свідомості та відповідального ставлення до природних ресурсів.

У процесі реалізації практичних робіт і проєктів важливу роль відіграє використання сучасних інформаційних технологій, зокрема геоінформаційних

систем, онлайн-картографічних сервісів та цифрових освітніх платформ. Це дозволяє підвищити наочність навчального матеріалу та наблизити шкільне навчання до реальних наукових методів дослідження.

Таким чином, практичні роботи та навчальні проєкти є ефективним засобом формування географічних компетентностей учнів, розвитку їхнього аналітичного мислення та вміння застосовувати знання для розв'язання реальних екологічних проблем.

Приклад уроку з географії для учнів 8 класу

Тема уроку: Водний баланс і водні ресурси України, шляхи їх раціонального використання і охорони.

Практична робота № 4. Позначення на контурній карті річок, озер, водосховищ, каналів, боліт. Аналіз забезпеченості водними ресурсами різних територій України.

Мета: узагальнити знання учнів про водні ресурси України; ознайомити учнів з основними екологічними проблемами, пов'язаними з використанням водних ресурсів; продовжувати формувати навички роботи з тематичними і контурними картами; виховувати в учнів почуття дбайливого господаря.

Тип уроку: комбінований.

Обладнання: підручник, атлас, фізична карта України.

Хід уроку

І. Організаційний момент

ІІ. Перевірка домашнього завдання

Бесіда за питаннями.

1. Які негативні наслідки спорудження водосховищ на рівнинній території?

2. Як використовуються у господарстві болота та заболочені землі?

3. Який зв'язок існує між підземними та поверхневими водами?

4. Як живляться підземні води України?

5. Які артезіанські басейни є на Україні?

III. Актуалізація опорних знань, вмінь і навичок учнів

Метод «Незакінчене речення»

1) Перевищення рівня висоти річки над гирлом *(падіння)* .

2) Відношення падіння річки до її довжини *(похил)*.

3) Кількість води, що протікає в річищі за певний період часу *(річковий стік)*.

4) Об'єм води, який протікає за певний час через поперечний переріз річки *(витрата води)*.

5) Процес руйнування, перенесення та відкладання гірських порід річкою *(річкова ерозія)*.

6) Поверхня, на рівні якої водний потік втрачає свою живу силу і нижче якого він не може поглиблювати своє ложе (*базис ерозії)*.

7) Співвідношення прибутку води, витрат, нагромадження за певний час *(водний баланс)*.

8) Підземна вода земної поверхні першого водоносного горизонту *(грунтова вода)*.

9) Глибинна пластова вода, яка обмежена водотривкими пластами та перебуває під гідростатичним тиском*(артезіанська вода)*.

10) Тип безнапірних підземних вод, що загалягають найближче до земної поверхні (*верховодка)*.

IV. Мотивація навчальної та пізнавальної діяльності

На попередніх уроках ми вивчили з вами поверхневі і підземні води України. У сумі ці води складають водні ресурси нашої країни. З давніх-давен наш народ мав традицію охороняти водні ресурси від забруднення, впорядковувати джерела, укріплювати береги ставків та озер. Нині водні ресурси потребують допомоги. Про шляхи раціонального використання та

охорони води в Україні і в місцевості рідного краю, про характеристику водних ресурсів ми поговоримо на сьогоднішньому уроці.

V. Вивчення нового матеріалу.

План

1.Водний баланс

2. Водні ресурси

3. Мінеральні води

4. Проблеми раціонального використання і збереження водних багатств України та своєї місцевості

1.Водний баланс.

Водний баланс – кількісне співвідношення прибутку, витрат та накопичення води за певний час для певної території чи водного об'єкта.

Прибуток відбувається за рахунок атмосферних опадів, надходження поверхневих та підземних та підземних вод, витрати – випаровування, поверхневого та підземного стоку.

2. Водні ресурси

Водні ресурси України формуються з місцевого стоку річок на своїй території, а також стоку, що надходить з суміжних територій по Дунаю, Дніпру і його притоках, Сіверському Дінцю. Річки України живляться переважно атмосферними опадами, частка підземних вод в їх живленні становить 10-20 %. У середньому на території України випадає 609 мм опадів. З них лише 83 мм перетворюються на річковий стік. Решта вологи випаровується. За розрахунками гідрологів, у середній за водністю рік ресурси місцевого стоку України становлять 50 км^3. Із суміжних з нею територій надходить 159 км^3 води. Тому загальні її ресурси оцінюються в 209 км^3. Основна кількість водних ресурсів поверхневих вод припадає на басейн Дніпра – 53,5 км^3 в середній за водністю рік.

Особливістю формування водних ресурсів України є те, що притік води із суміжних з нею територій набагато більший за місцевий стік. Так, по Кілійському рукаву Дунаю надходить 123 км^3 води. Отже, Україна має значні сумарні водні ресурси. Але велика їх частина не може бути використана. Тому основними є місцеві водні ресурсі!. За їх запасами на одного жителя Україна є однією з найбільш забезпечених країн. Запаси водних ресурсів також змінюються рік у рік, нерівномірно розподіляються по території України. Найбільші вони на заході, найменші – в південних районах Донецької, Запорізької, Херсонської, Одеської областей. Це потребує раціонального використання водних ресурсів, їх охорони від забруднення.

3. Мінеральні води.

Україна має значні запаси різноманітних мінеральних вод. Найбагатші на них – Українські Карпати. У Закарпатській області поширені вуглекислі води: Поляна Квасова, Свалява, Лужанська. У Передкарпатті, у Львівській області,функціонують всесвітньо відомі курорти в м. Трускавець і смт. Моршин, де широко використовуються води типу Нафтуся.

На Українському щиті поширені цінні лікувальні радонові мінеральні води. Їх використовують на курортах м. Хмільника вінницької області, міст білої Церкви та Миронівки Київської області, у Приазов'ї. Миргородський курорт, що на Полтавщині, базується на мінеральній воді Миргородській. Різноманітні за складом є мінеральні води Криму, зокрема в містах Євпаторії, Феодосії, Саках.

Завдання. Уявіть себе маркетологами. Маркетолог це людина,яка займається рекламою продукції. Ваше завдання – придумати салоган (найбільш вдале речення, яке характеризує товар і зацікавлює покупців) на будь-яку мінеральні воду, що випускають на території України або нашого району.

4. Проблеми раціонального використання і збереження водних багатств України та своєї місцевості

З давніх-давен наш народ мав традицію охороняти річки від забруднення і замулювання, впорядковувати джерела, укріплювати береги ставків. Нині річки, ставки та джерела України потребують допомоги, їх береги часто захаращені, перетворені на звалища, розмиваються, зникають джерела. Втрачається краса рідної землі, без якої душа стає байдужою і холодною. Уже мало не забруднювати річки самому, треба активно очищати їх береги. Подумайте, що може зробити кожен з вас особисто, учні вашого класу для покращання становища внутрішніх вод нашої місцевості.

Багато ставків у Жашківському районі слід реконструювати, а в деяких випадках їх економніше ліквідувати, бо вони не мають господарського значення. Зайняті ними землі можна перетворити в багаті заплавні луки. Важливо також провести розчистку великих ставків і водойм. Не слід допускати випасання худоби біля води. Захисту ставів, водойм і річок від замулення, забруднення та розмиву у значній мірі сприяють насадження деревних та чагарникових порід. Одночасно в улоговинах слід створювати мулофільтри. Для пропаганди ідей охорони гідроресурсів необхідно залучати всі засоби масової інформації.

VI. Закріплення вивченого матеріалу.

1. Дати відповіді на запитання:

– Як використовують мінеральні води?

– З чого складаються водні ресурси?

– Що таке водний баланс ? з чого він складається в Україні?

– Зробити загальний висновок про особливості розташування водних об’єктів по території України та стан забезпеченості водними ресурсами різних її частин.

2. Ваші аргументи

– Поясніть, чому необхідно раціонально використовувати водні ресурси України та Жашківського району

3. Знайди відповідність.

1	Регіна	А. Полтавська область
2	Миргородська	Б. Закарпатська область
3	Моршинська	В. Одеська область
4	Поляна Квасова	Г. Львівська область
5	Куяльник	Д. Вінницька область

4. Практична робота № 4

Тема. Позначення на контурній карті річок, озер, водосховищ, каналів, боліт. Аналіз забезпеченості різних територій України водними ресурсами

Мета. ознайомитися із закономірностями формування річкових систем, озер, водосховищ, каналів, боліт; вдосконалювати вміння користуватися теоретичними знаннями при вирішенні практичних завдань; виховувати бережливе ставлення до водних ресурсів України.

Обладнання: «Фізична карта України», атлас «Фізичної географії України», топографічна карта Жашківського району, курвіметр, лінійка, простий та кольорові олівці, гумка.

Навчальні досягнення учнів. Учень називає основні річкові басейни України; знаходить і наносить на карту річки, озера, лимани, водосховища, канали; виміряє довжину річок Жашківського району, характеризує загальні риси гідрологічного режиму та роботи річок, каналів, озер, лиманів, водосховищ України, ресурси та екологічні проблеми поверхневих і підземних вод; робить висновки про закономірності розподілу річкового стоку, поширення озер та боліт на території України та Жашківського району.

Це потрібно знати:

– усі підписи на контурних картах робіть чітко, друкарським шрифтом;

– об'єкти суходолу підписуйте чорним кольором, водні – синім;

– для роботи з контурними картами використовуйте олівці, кулькові

ручки та туш різних кольорів;

– географічні об'єкти підписуйте уздовж екватора чи паралелей;

– назви річок наносьте уздовж руху водних об'єктів;

– якщо назви географічних об'єктів не вміщуються, позначайте їх цифрами і заносьте у легенду карти;

– позначки на контурній карті відображайте в легенді.

Завдання 1. Дайте визначення понять: «лиман», «водосховище», «ставок».

Завдання 2.Підпишіть на контурній карті основні річки України.

Річки: Дніпро, Південний Буг, Дністер, Сіверський Донець, Десна, Західний Буг, Рось, Прут, Тиса , Прип'ять, Дунай, Гірський Тікич.

Завдання 3. За допомогою курвіметра та топографічної карти Жашківського району виміряйте довжину річок: Гірський Тікич, Торч, Срібна, Бурти в межах району.

Завдання 4. Підпишіть на контурній карті найбільші озера України: Ялпуг, Сасик-Сиваш, Світязь і Пулемецьке.

Завдання 4.Підпишіть на контурній карті основні канали України.

Канали	Основне призначення
Північнокримсь-кий	Водозабезпечення міст Керч, Феодосія, Сімферополь та інших населених пунктів. Технічне забезпечення промислових п-в
Дніпро – Донбас	Питне і технічне забезпечення Донбасу та Харківського промислового району.
Дніпро – Кривий Ріг	Питне і технічне забезпечення Кривбасу, зрошення, риборозведення.
Дніпро – Інгулець	Питне і технічне забезпечення Кривбасу
Сіверський Донець – Донбас	Питне і технічне забезпечення Донецької області.

Завдання 5 Підпишіть на контурній карті основні водосховища України: Кременчуцьке,Каховське, Київське, Канівське, Дніпродзержинське, Дніпровське, Дністровське, Червоноосківське, Печенізьке.

Завдання 6. Використовуючи карту атласу «Забезпеченість водними ресурсами», заповніть таблицю.

Області	Забезпеченість водними ресурсами одного жителя на рік, тис. м3
Рівненська	
Івано-Франківська	
Житомирська	
Одеська	
Вінницька	
Черкаська	
Донецька	
Луганська	
Херсонська	
Чернігівська	

VII. Підсумок уроку.

VIII. Домашнє завдання.

– Опрацювати §21-22 ст. 106-116. Булава Л.М. Фізична географія України. 8 клас: Підручник для загальноосв. навч. закл/Л.М. Булава. Х.: АН ГРО плюс, 2008. 224 с.

– Продовжити виконання практичної роботи №4.

– Повторити §20.

ВИСНОВКИ

У результаті проведеного дослідження було проаналізовано особливості впливу кліматичних змін на водний потенціал та гідроенергетику, а також визначено методичні основи вивчення цієї теми у шкільному курсі географії. У першому розділі роботи було досліджено теоретичні основи поняття кліматичних змін, визначено основні причини їх виникнення та охарактеризовано сучасні тенденції глобального потепління. Встановлено, що сучасні кліматичні зміни мають переважно антропогенний характер і пов'язані зі зростанням концентрації парникових газів у атмосфері внаслідок господарської діяльності людини. Було з'ясовано, що зміна клімату проявляється у підвищенні середньорічної температури повітря, зміні режиму атмосферних опадів, збільшенні частоти екстремальних погодних явищ, таненні льодовиків та підвищенні рівня Світового океану.

Також у роботі розглянуто поняття водного потенціалу як важливо складової природно-ресурсного потенціалу території. Встановлено, що водні ресурси є основою розвитку господарства, забезпечення населення питною водою та функціонування енергетичного комплексу. Проаналізовано структуру водного потенціалу України та особливості його територіального розподілу. Окрему увагу було приділено сучасному стану гідроенергетики світу та України. Визначено, що гідроенергетика є одним із найважливіших видів відновлюваної енергетики, який забезпечує виробництво екологічно безпечної електроенергії та сприяє зменшенню викидів парникових газів. Водночас встановлено, що функціонування гідроелектростанцій значною мірою залежить від водності річок та стабільності кліматичних умов.

У другому розділі було здійснено аналіз впливу кліматичних змін на водні ресурси та гідроенергетику. Встановлено, що підвищення температури повітря та

зміна режиму атмосферних опадів призводять до скорочення річкового стоку, обміління річок та зменшення запасів прісної води. Особливо гостро проблема дефіциту водних ресурсів проявляється у степових та південних регіонах України.

У процесі дослідження було визначено негативні наслідки посух, паводків і повеней для водного господарства. З'ясовано, що екстремальні природні явища призводять до значних економічних збитків, руйнування гідротехнічних споруд, погіршення якості води та виникнення екологічних проблем.

У роботі також проаналізовано проблеми функціонування гідроелектростанцій в умовах кліматичних змін. Встановлено, що скорочення річкового стоку негативно впливає на виробництво електроенергії на ГЕС та ускладнює стабільну роботу енергетичної системи. Водночас гідроенергетика залишається перспективним напрямом розвитку відновлюваної енергетики України.

Третій розділ був присвячений методичним основам вивчення теми у шкільному курсі географії. Встановлено, що тема кліматичних змін та водного потенціалу має важливе освітнє і виховне значення та сприяє формуванню екологічної свідомості учнів.

Було визначено основні форми, методи та засоби навчання, які доцільно використовувати під час вивчення цієї теми. Зокрема,ефективними є проблемний, дослідницький та проєктний методи навчання, а також використання сучасних інформаційно-комунікаційних технологій.

Практичні роботи та навчальні проєкти сприяють розвитку дослідницьких навичок учнів, формуванню вмінь працювати зі статистичними даними, картографічними матеріалами та графіками. У процесі виконання практичних завдань учні вчаться аналізувати екологічні проблеми та шукати шляхи їх вирішення.

Отже, проблема впливу кліматичних змін на водний потенціал та

гідроенергетику є надзвичайно актуальною в сучасних умовах. Для збереження водних ресурсів та забезпечення стабільного функціонування енергетики необхідно впроваджувати комплекс заходів щодо адаптації до кліматичних змін, раціонального природокористування та розвитку екологічно безпечних технологій. Результати дослідження можуть бути використані у навчальному процесі закладів загальної середньої освіти, під час викладання географії, екології та природничих дисциплін, а також у процесі підготовки навчально-методичних матеріалів.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Адаменко О. М. Про причини та можливості попередження й зниження катастрофічних наслідків регіональних паводків у західному регіоні України. Географія. 2009. № 6. С. 9-16.
2. Буг обмілів до критичної позначки: хроніка подій та дії міської влади. URL: https://bit.ly/3g2uZJ0.
3. Власюк Ю. С., Стефанишин Д. В. Про проблеми та перспективи малої гідроенергетики в Україні. *Математичне моделювання в економіці*. 2018. №1. С. 126-138.
4. Гідрологічні дослідження в Карпатському регіоні / за ред. О. С. Гречуха. Чернівці : Прут, 2020.
5. ДСТУ-Н Б В.2.4-35:2016. Водні ресурси. Методика оцінювання впливу кліматичних змін. Київ : Мінрегіон України, 2016.
6. Екологи і селяни кажуть «ні» будівництву малих ГЕС у Карпатах. URL:https://www.radiosvoboda.org/a/24490517.html.
7. Єдиний реєстр з оцінки впливу на довкілля. Будівництво та експлуатація гідроелектростанції «Каховська ГЕС-2» загальною встановленою потужністю 250 МВт. URL: http://eia.menr.gov.ua/uk/case/id-6106.
8. Закон України «Про альтернативні джерела енергії». Офіційний вебпортал парламенту України. URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/555-15#Text/
9. Каскад ГЕС на Дністрі: бути чи не бути? URL: https://teren.in.ua/2016/01/04/kaskad_hes_na_dnistri_buty_chy_ne_buty_foto/.
10. Корбутяк В. М., Стефанишин Д. В. Трансформації мінімального стоку р. Случ та їх вплив на Новоград-Волинське водосховище як об’єкт місцевої критичної інфраструктури. *Математичне моделювання в економіці.* № 4 (13) С. 70-81.
11. Ландау Ю. О., Сташук І. В. Перспективи створення верхньодністровського

каскаду ГЕС. *Гідроенергетика України.* 2016. № 1-2. С. 2-6.

12. Малі ГЕС: неоднозначні наслідки для Карпатського регіону. URL: https://bit.ly/37RynCf.
13. Наслідки кліматичних змін. URL: https://images.openai.com/static-rsc-4/9eWRqp81HWjMLS9KIwOjLeMO45MZTCgoqFkRrFjF2EJPHAxn4NTqJ5GV9kaEc_zx3zAh4Of_rKnIpUKqMDECEcvuFziOuicuHskiSXQO3N_Zvj1quadLDSSK2JELB4OSqbz-Vw_vN3j8IYxILyMHIn0G0jAENljWgqonBbCvRMrJdSQH1S4zQjcoV78I4tmD?purpose=fullsize.
14. Ободовський О. Г., Рахматулліна К. Р., Тимуляк Л. Н. Коротка історія розвитку та сучасний стан малої гідроенергетики на рівнинних річках України. *Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія.* 2016. Т. 4 (43). С. 94-106.
15. Осадчий В. І., Білєтська І. В. Вплив кліматичних змін на водні ресурси Карпатського регіону України. Географія і природні ресурси. 2020. № 3. С. 45–56.
16. Позиція Всесвітнього фонду природи WWF щодо розвитку малої гідроенергетики в Україні. URL: http://wwf.ua/materials/official/?uNewsID=323990 19.
17. Постанова НКРЕКП «Про затвердження Порядку встановлення, перегляду та припинення дії «зеленого» тарифу на електричну енергію для суб'єктів господарської діяльності, споживачів електричної енергії, у тому числі енергетичних кооперативів, та приватних домогосподарств, генеруючі установки яких виробляють електричну енергію з альтернативних джерел енергії». URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/v1817874-19#Text.
18. ПрАТ «Укргідроенерго». URL: https://uhe.gov.ua/.
19. Принцип роботи ГЕС. URL: https://images.openai.com/static-rsc-4/BWdpYJMT4iFc_tX7PKVULJdyZcZuqN3s1khPjqU8FVZfFERCgJ1jyxRW1zOWcs5jZxPiCEse94rHwbCwjoNLPrBaKALS-

7CEaT0gxiyikLfFWNeWu8GsRcL1UXdZlQGfp7ek6K1Buf-nt5OQ6Pg4leV63KZ-A0fT2enC6s_4DTGaABe0mINMwzVqUqTxiyh3?purpose=fullsize.

20. Причини кліматичних змін. URL: https://images.openai.com/static-rsc-4/2fW7dlu8IMz2mRPOwpw94O7SjPyapFiIapYkqYxGrmQ4d8DySkyuNRkrB08Ek1qo2PbqztaLBRFCujLuPL_1qC5jWRjekQ98HJnYlXcaNmN8Ezv-K-qrYbmV1b1UQZtHE7H464qwjE8FhjzmS10t05tYfooVUXeLPL-KNCH3bg2xAjrkNqd2sAnhESn9Iq3e?purpose=fullsize.
21. Про затвердження Державної цільової економічної програми енергоефективності і розвитку сфери виробництва енергоносіїв з відновлюваних джерел енергії та альтернативних видів палива на 2010-2021 роки. Кабінет Міністрів України. Постанова від 1 березня 2010 р. № 243. URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/243-2010-%D0%BF#Text.
22. Про оцінку впливу на довкілля: Закон України № 2059-VIII від 23.05.2017. Офіційний вісник України. 2017. № 50. С. 5. *Відомості Верховної Ради (ВВР),* 2017, № 29, ст. 315. URL: http://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2059-19.
23. Програма розвитку гідроенергетики на період до 2026 року. Схвалено розпорядженням Кабінету Міністрів України від 13 липня 2016 р. № 552-р. URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/552 2016-%D1%80#Text
24. Процес парникового ефекту. URL: https://images.openai.com/static-rsc-4/Ol8JtOE0cw7CLSr6sBUIK3zRSuoz4j78R6Uk0yE4Ehc7WlnN5LJtt2FkfuQorML-IkVjIYzdCHiMRNdLS1R0ZFU_eUZQrwaNIUdrylahXbx3-k-si0I6vcPS677DgcMqg1RMN4vRdtjjpyaVSbBUVNrYtE-8EENcUcUGAV0DAxXcpQ7GtDRH-ESPz2nS9kia?purpose=fullsize.
25. Рамкова конвенція про охорону та сталий розвиток Карпат. Офіційний вебпортал парламенту України. URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/998_164#Text.
26. Роль гідроенергетики у сталому розвитку. URL:

https://images.openai.com/static-rsc-4/kWQ51mZKid9CaHLmpnzU-gNtyoek7z0m9zMAtVKyU7LieMnMOUBLNIHYl3crhJkBh7uEBlFaJzDg8oZrhYRi1XMtYvbBWdxA93xb0LALjETS9bKeF8siYKpUxXqPTiiAiinJ9naAofoLhPN2Uwmn_OiJLENnyivTHn0Gu375qi71UsVwwiU9ENlm9RM1BFim?purpose=inline.

27. Ситник О. І., Кравцова І. В., Курнос І. Т., та ін. Природнича географія Гайворонського краю. Вінниця: Твори, 2021. 184 с.
28. Стефанишин Д. В. Деякі критичні зауваження та пропозиції щодо підтримки сталого розвитку гідроенергетики в Україні. *Гідроенергетика України.* 2018. №1-2. С. 6-12.
29. Стефанишин Д. В. Про перспективи гідроенергетики в Україні та вибір варіанту розвитку Дніпровського каскаду з врахуванням ризику. *Гідроенергетика України.* 2010. № 3. С. 5-11.
30. Стефанишин Д. В. Про перспективи розвитку вітчизняної гідроенергетики в контексті планів будівництва каскаду гідроелектростанцій у Дністровському каньйоні. *Екологічна безпека та природокористування* Зб. наук. праць. Вип. 23 (№ 1-2). Київ: ІТГІП НАНУ, КНУБА, 2017. С. 5-19.
31. Стефанишин Д. В., Власюк Ю. С. Деякі критичні зауваження щодо практичної реалізації Закону України «Про оцінку впливу на довкілля» у малій гідроенергетиці. *Гідроенергетика України.* 2019. №3-4. С. 22-30.
32. Стефанишин Д. В., Власюк Ю. С. До питання порівняльного аналізу водноенергетичних характеристик малих і великих гідроелектростанцій України у складі гідровузлів з водосховищами. *Математичне моделювання в економіці.* № 2. 2018. С. 71-83.
33. Структура виробництва електроенергії. URL: https://images.openai.com/static-rsc-4/o9Whuh-MLqw_INT7sDV3L675I1SycF8vO3X-6VbnJTkZggublqvOPXioXQVq0xnFcbIVzLrjBF8N9qvOEWwnVYWRs3TVp

BUe7HBajf60EIe6B7mIeGWHFi8UOYlGuB9opkLVhipgdJ1Qn1grpX1wtD4w JXgDQmleQRON9Ucnfnk?purpose=inline.

34. Структура кліматичної системи Землі. URL: https://images.openai.com/static-rsc-4/B0thG9JFxOZJFyALpR1F7tkAwQZA1NctfADz4vVDx1AVxYM4FDSVVg nEIGbCuG1UT2ziuFruQ5Xut5llwFk5v8oUFQ94u2TLHvbw1_e9UkFCodIuqP 2vEEp8kv70kdPBrIR6eZ0-JM4tVscF3BppCqsRmRm-ONq1AQ_CwupM5vJGSPnzZwdseLJH2QsXw6um?purpose=fullsize.
35. Тєстов П. Інтерв'ю з України. Доктор технічних наук Дмитро Стефанишин: Чому будівництво каскаду нових ГЕС на Дністрі може затопити Прикарпаття? URL: https://rozmova.wordpress.com/2017/01/23/ dmytro-stefanyshyn/.
36. Український гідрометеорологічний центр (Укргідрометцентр). Багаторічні кліматичні ряди температури та опадів (1990–2024). Київ : ДСНС України. URL: https://meteo.gov.ua.
37. Як ОВД допомагає зберігати річки: Закарпатська ОДА відмовила у спорудженні для двох міні ГЕС на Рахівщині URL: https://bit.ly/2TrZjVI.
38. Bartle A. Hydropower potential and development activities. Energy Policy, Vol. 30, Issue 14, P. 1231-1239.
39. Clean Water Act. URL: https://www.epa.gov/laws-regulations/summary-clean-water-act.
40. Directive 2000/60/EC of the European Parliament and of the Council of 23 October 2000 establishing a framework for Community action in the field of water policy. URL: http://extwprlegs1.fao.org/docs/pdf/eur23005.pdf.
41. Discover Hydropower. URL: https://www.hydro.org/waterpower/hydropower/.
42. Endangered Species Act. U. S. URL: https://www.fws.gov/endangered/esa-library/pdf/ESAall.pdf.
43. Energy Policy Act. URL: https://bit.ly/3p7f5kI.

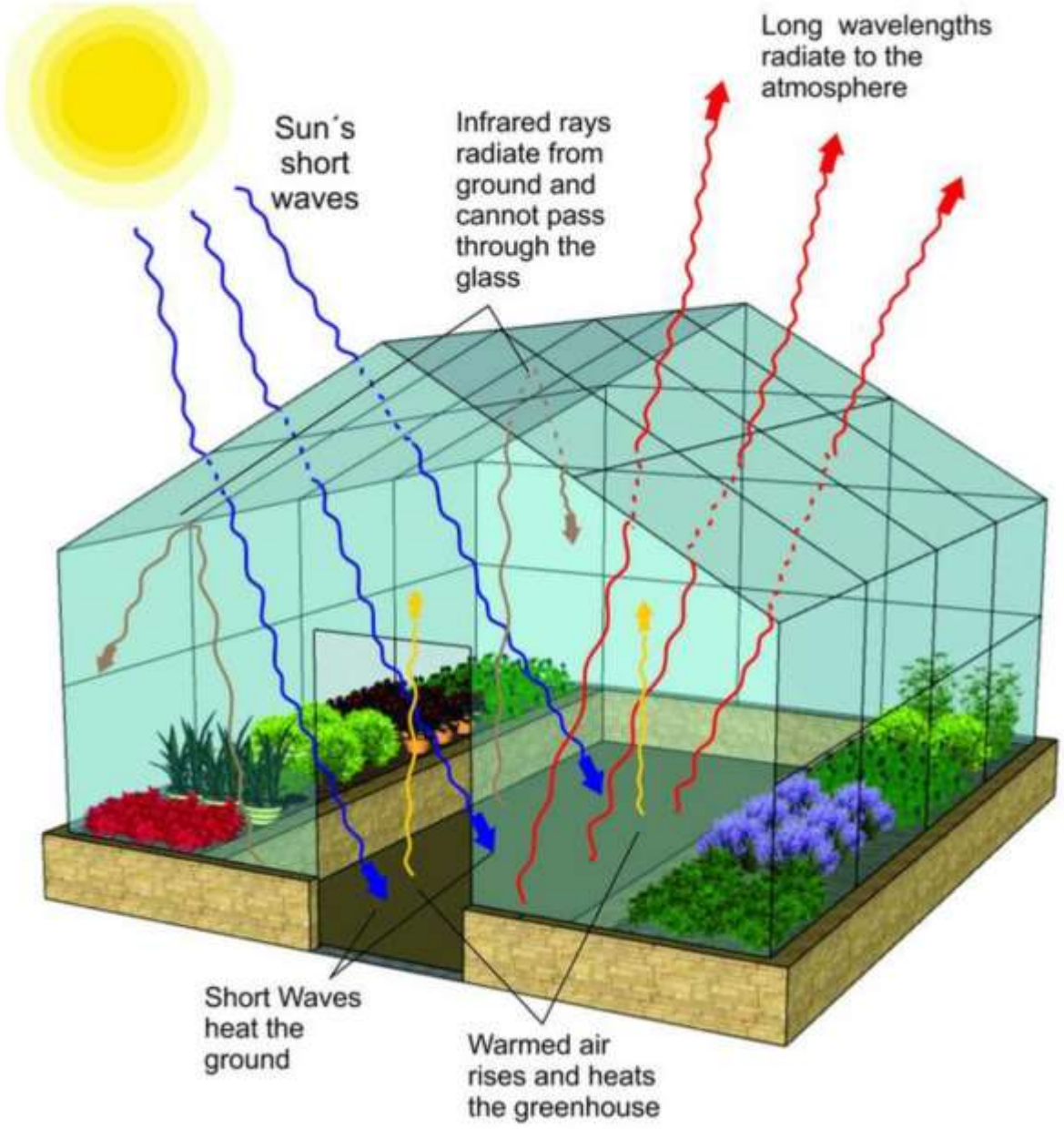
44. Fish and Wildlife Coordination Act. Digest of Federal Resource Laws of Interest to the U.S. URL: https://www.fws.gov/laws/lawsdigest/fwcoord.html.
45. Hydropower Primer. A Handbook of Hydropower Basics. (2017). A staff report of the Office of Energy Projects/Federal Energy Regulatory Commission. URL: https://bit.ly/3fY44h7.
46. Hydropower Regulatory History. URL: https://www.fws.gov/ habitatconservation/hydro_history.pdf.
47. Hydropower. Federal Energy Regulatory Commission. URL: https://www.ferc.gov/industries data/hydropower.
48. Khilchevskyi V. K ., Grebin, V. V., Sherstyuk N. P. Modern hydrographic and water management zoning of Ukraine's territory – implementation of the WFD-2000/60/EC. Proc. of the XXVII Conf. of the Danubian Countries on Hydrological Forecasting and Hydrological Bases of Water Management. URL: https://doi.org/10.15407/uhmi.conference.01.23.
49. Kraftwerkspark. Unsere Kraftwerke im Überblick. Kraftwerksgruppe Sellrain-Silz: Kraftwerk Silz. URL: https://www.tiwag.at/ueber-die-tiwag/kraftwerke/bestehende-kraftwerke/kraftwerkspark/.
50. Lindström A., Ruud A. Who's Hydropower? From Conflictual Management into an Era of Reconciling Environmental Concerns; a Retake of Hydropower Governance towards Win-Win Solutions? URL: 10.3390/su9071262.
51. Loboda N., Bozhok Y. Water resources of Ukraine in the XXI century under climate change scenarios (RCP4.5 AND RCP8.5). *Ukrainian Hydrometeorological Journal*. 2016. (17). P. 114-122.
52. National Environmental Policy Act. URL: https://www.epa.gov/nepa.
53. National Historic Preservation Act. URL: https://www.nps.gov/subjects/ historicpreservation/national-historic-preservation-act.htm.
54. New horizons. Non-financial report. (2019). UKRENERGO, National Power Company. URL: https://ua.energy/wp-content/uploads/2020/09/NeFIN

_ZVIT_17.09.20.pdf.

55. Pacific Northwest Power Planning and Conservation Act. URL: https://www.nwcouncil.org/reports/northwest-power-act.
56. Renewable assets. Energo.UA. URL: https://www.energo.ua/en/assets.
57. Stefanyshyn D. On peculiarities of hydropower development in the world and in Ukraine. *Екологічна безпека та природокористування*. Зб. наук. праць. Вип. 25 (№ 1). Київ: КНУБА, ІТГІП НАНУ, 2018. С. 12-23.
58. Stefanyshyn D. V., Vlasiuk Yu.S. On the feasibility of the development of small hydropower in Ukraine. 3nd International Scientific and Technical Internet Conference «Innovative development of resource saving technologies and sustainable use of natural resources». Book of Abstracts. Petroșani, Romania: Universitas Publishing. 2010. P. 57-60.
59. Stefanyshyn D.V. Feasibility analysis of construction of new hydropower plants in Ukraine taking into account the risk of unused possibilities. Environmental Safety and Natural Resources 31(3). P. 33 45. DOI: 10.32347/2411-4049.2019.3.33-45.
60. Stori V. Environmental Rules for Hydropower in State Renewable portfolio Standards. URL: https://bit.ly/3yPEcNe.
61. The Legal Framework of the Federal Power Act. Congressional Research Service. URL: https://crsreports.congress.gov/product/pdf/IF/IF11411.
62. Wild and Scenic Rivers Act. URL: https://www.nps.gov/parkhistory/online_books/anps/anps_6f.htm.

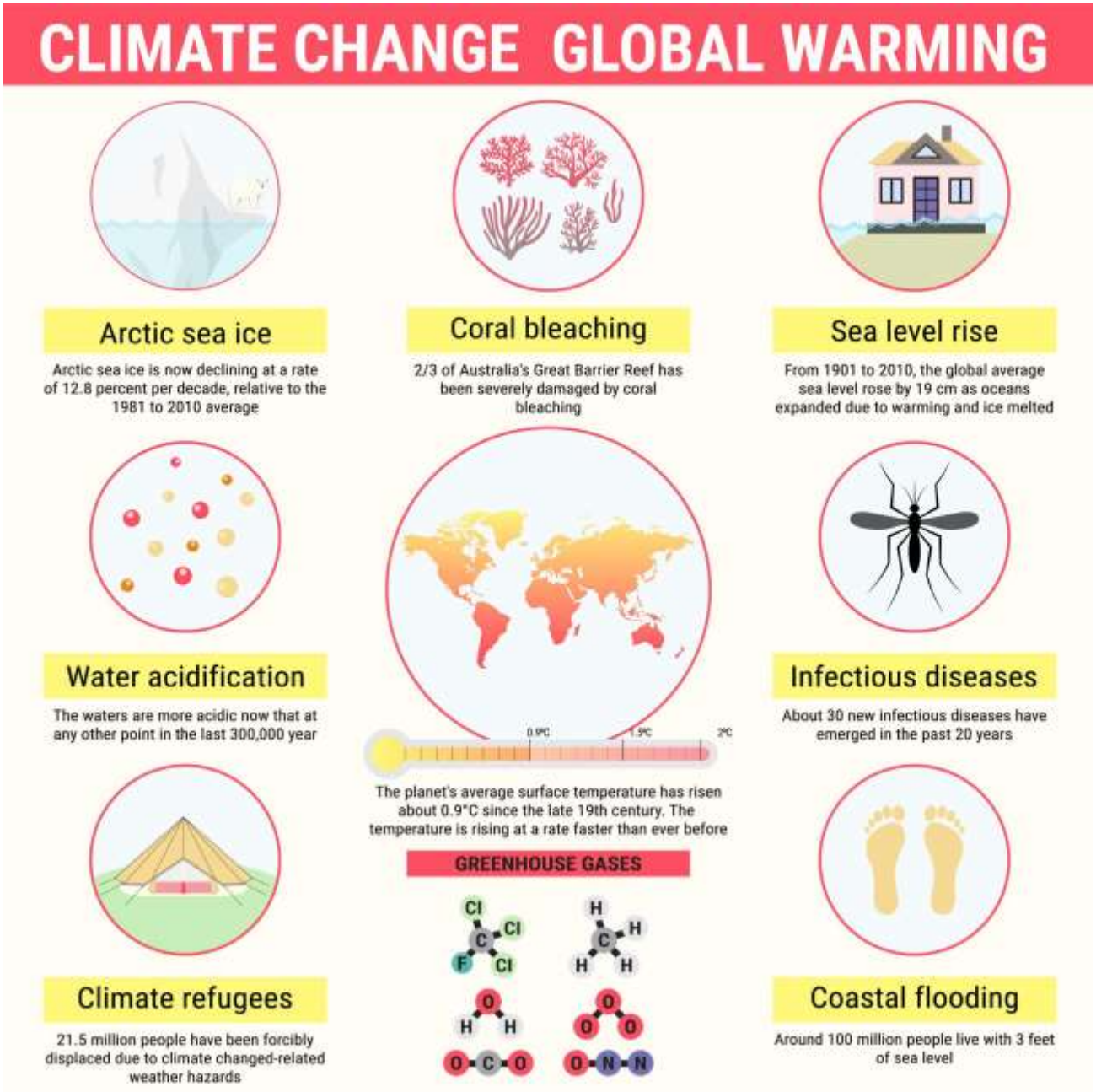
ДОДАТКИ

Додаток А



Процес парникового ефекту [24]

Додаток Б



Наслідки кліматичних змін [13]

Додаток В

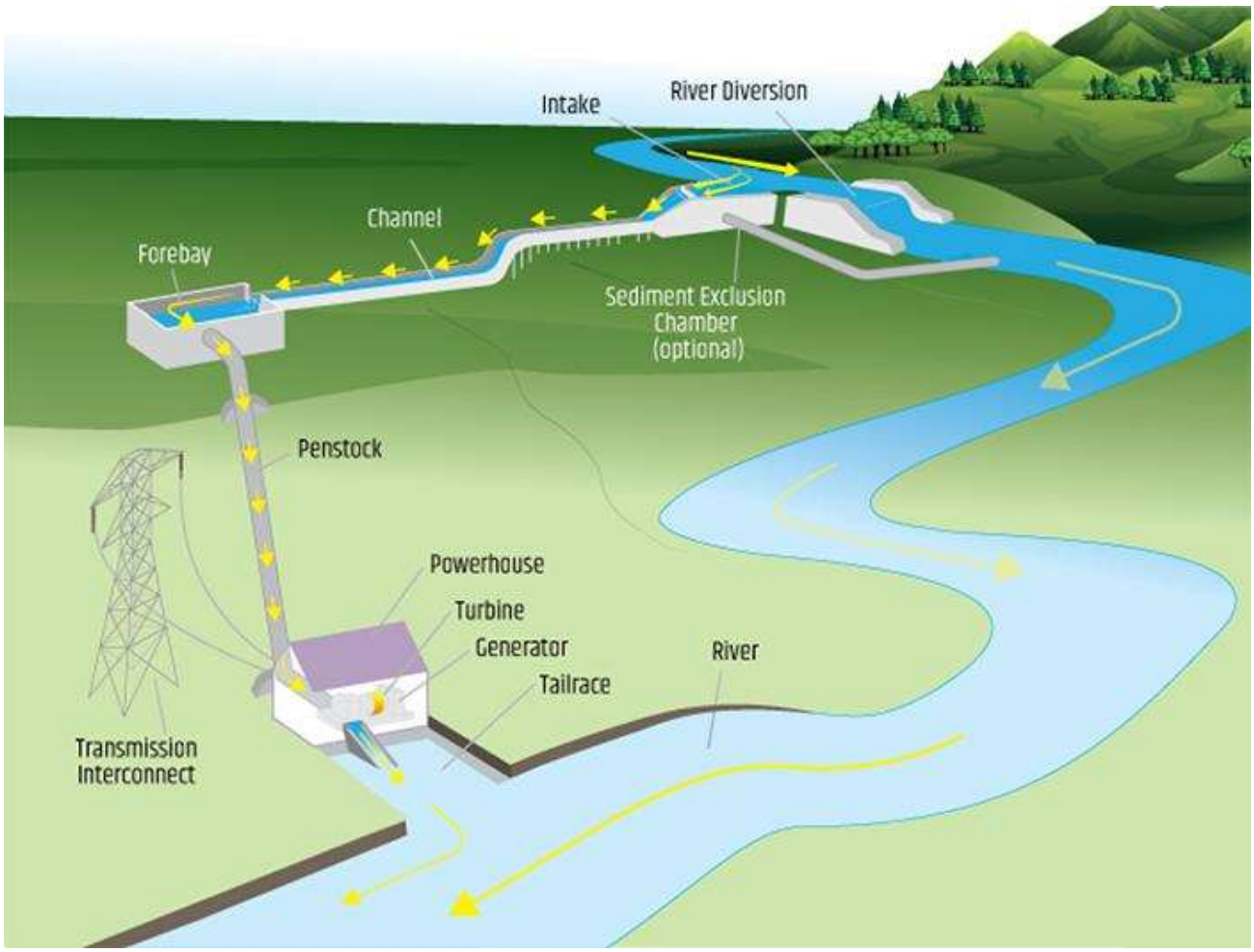


Рис. В.1. Принцип роботи ГЕС [19]

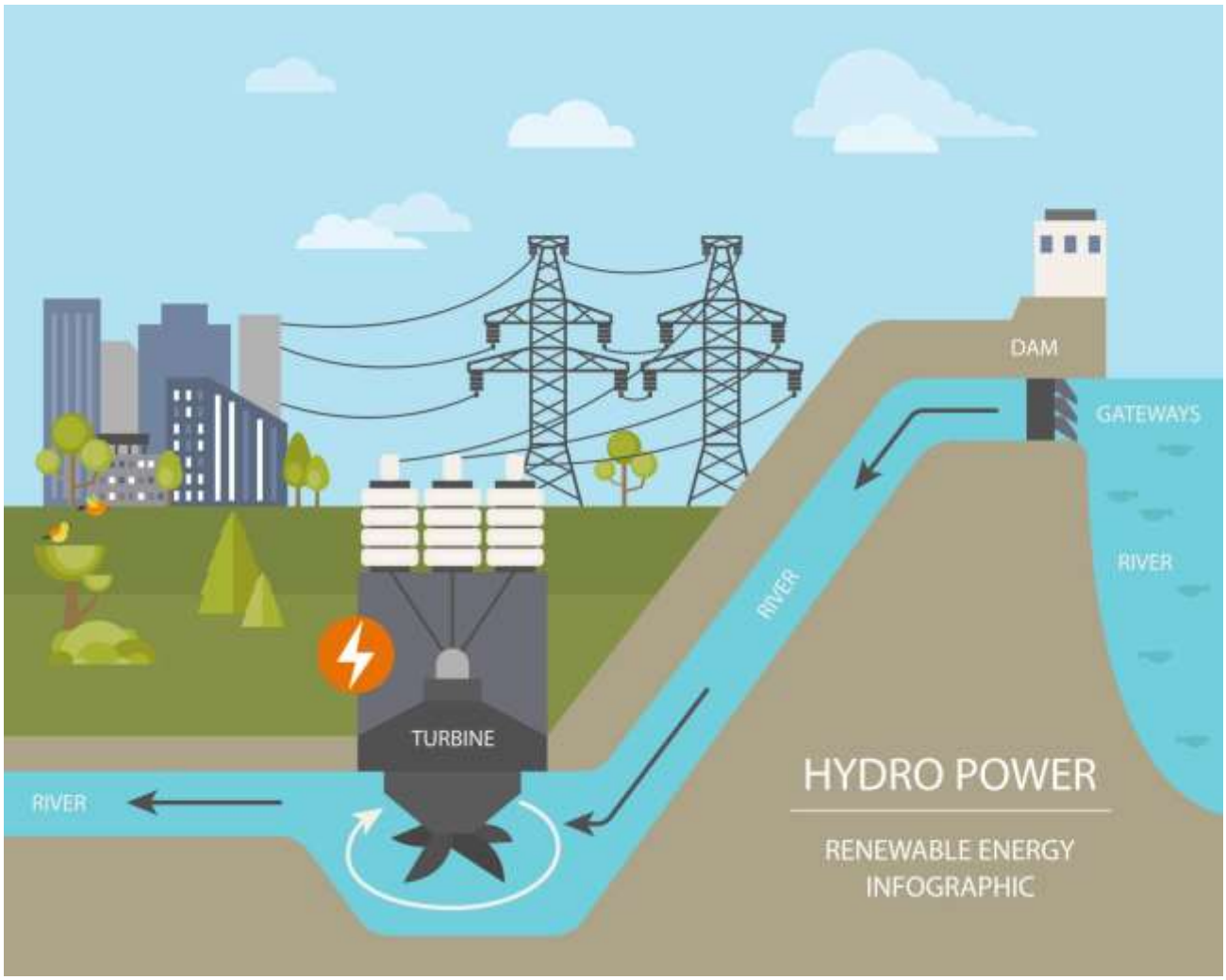


Рис. В.2. Роль гідроенергетики у сталому розвитку [26]

Додаток Г



Рис. Г.1. Гайворонська ГЕС [27]



Рис. Г.2. Березівська ГЕС [27]



Рис. Г.3. Сальківська ГЕС [27]