

ГІДРОГЕОЛОГІЯ, ІНЖЕНЕРНА ТА ЕКОЛОГІЧНА ГЕОЛОГІЯ

УДК 621.22+556.5

DOI: <http://doi.org/10.17721/1728-2713.107.12>

Олександр ОБОДОВСЬКИЙ¹, д-р геогр. наук, проф.
ORCID ID: 0000-0002-5472-3222
e-mail: obodovskiy58@gmail.com

Костянтин ДАНЬКО², канд. геогр. наук
ORCID ID: 0000-0002-6060-9657
e-mail: kostiantyn.danko@gmail.com

Олена ПОЧАЄВЕЦЬ¹, канд. геогр. наук
ORCID ID: 0000-0003-4521-9922
e-mail: olena.pochaievets@knu.ua

Наталія КОРОГОДА¹, канд. геогр. наук, доц.
ORCID ID: 0000-0003-1518-2997
e-mail: nkorogoda@knu.ua

Василь ГРЕБІНЬ¹, д-р геогр. наук, проф.
ORCID ID: 0000-0001-8197-607X
e-mail: grebin1964@gmail.com

¹Київський національний університет імені Тараса Шевченка, Київ, Україна

²Український гідрометеорологічний інститут, Київ, Україна

**МЕТОДИЧНІ АСПЕКТИ ТА РЕЗУЛЬТАТИ ВИЗНАЧЕННЯ
ТЕХНІЧНО МОЖЛИВОГО ГІДРОЕНЕРГЕТИЧНОГО ПОТЕНЦІАЛУ РІЧОК УКРАЇНИ
(НА ПРИКЛАДІ РАЙОНУ БАСЕЙНУ РІЧКИ ДНІПРО)**

(Представлено членом редакційної колегії д-ром геол. наук, проф. О.Є. Кошляковим)

Вступ. Диверсифікація джерел виробництва електроенергії набуває значної уваги в період сьогодення в Україні. Особливо це актуалізується виведенням з ладу російськими агресорами електрогенеруючих потужностей ТЕС та великих ГЕС. У цьому контексті стає важливим задіяння альтернативних (відновлювальних) енергетичних джерел, зокрема малої гідроенергетики. Саме тому актуальним є дослідження технічно можливого гідроенергетичного потенціалу річок.

Методи. Обґрунтування та величину технічно можливого гідроенергетичного потенціалу річок можна визначити із запропонованої нами загальної схеми встановлення потенціалу для річок України. Для цього проведено експертну оцінку основних ризиків, які можуть спричинити зниження загального виробництва гідроелектроенергії.

Результати. Встановлено, що найбільший відсоток втрат технічно можливого потенціалу, відносно загального гідроенергетичного потенціалу, притаманний басейнам річок Прип'яті, Стоходу та Самари і коливається в межах 48–58,5 %. Тут провідну роль відіграють похили русел річок та заболоченість їх водозборів. Найменші показники цих втрат характерні для таких річок, як Супій, Ірклій, Стеига та Уж, і змінюються від 23 до 25 %. Пріоритетними тут є втрати, зумовлені заболоченістю та меліорацією території заплави.

Висновки. Придатними до використання, з урахуванням всіх потенційних втрат і ризиків, можна вважати 226087 кВт (39 %) від загального гідроенергетичного потенціалу досліджуваних річок.

Ключові слова: технічно можливий гідроенергетичний потенціал, енергія річок, район басейну річки Дніпро, оцінка ризиків, карта.

Вступ

Використання різних джерел виробництва електроенергії набуває значної уваги в період сьогодення в Україні. Особливо це актуалізується виведенням з ладу російськими агресорами електрогенеруючих потужностей ТЕС та великих ГЕС. У цьому контексті стає важливим задіяння альтернативних (відновлювальних) енергетичних джерел, зокрема малої гідроенергетики. Натомість варто звернути увагу на енергетичні можливості малих та середніх річок. Разом з тим постає питання: чи можна використовувати всю енергію цих водотоків? У цьому сенсі існує низка суджень та обґрунтувань, які регламентують розподіл гідроенергетичного потенціалу річок як їхнього важливого ресурсу, так і створення необхідних, передусім, екологічних умов його використання. У класичній літературі розглядаються такі види гідроенергетичного потенціалу річок: теоретичний (природний/валовий), загальний гідроенергетичний потенціал – повна теоретична сума енергії річкового стоку, технічно можливий гідроенергетичний потенціал та економічно обґрунтований гідроенергетичний потенціал. До

цієї схеми ми ввели поняття екологічного гідроенергетичного потенціалу (Ободовський та ін., 2016).

У даному дослідженні було зроблено спробу дослідити саме технічно можливий гідроенергетичний потенціал річок як потенціал, який є технічно можливим для використання. У цьому полягала основна **мета роботи**.

Об'єктом дослідження обрано річки району басейну річки Дніпро (за винятком самого Дніпра) за гідрографічним районуванням України (Хільчевський, & Гребін, 2017). Усі дослідження виконано в період до військового стану по 2020 р. включно з врахуванням останніх кліматичних змін.

Методи

Обґрунтування та величину технічно можливого гідроенергетичного потенціалу (ТМГП) річок можна визначити із запропонованої нами загальної схеми встановлення потенціалу для річок України (Ободовський, Данько, & Почаєвець, 2017; Hydropower Potential, 2021). Ця схема може бути представлена у вигляді алгоритму (рис. 1).

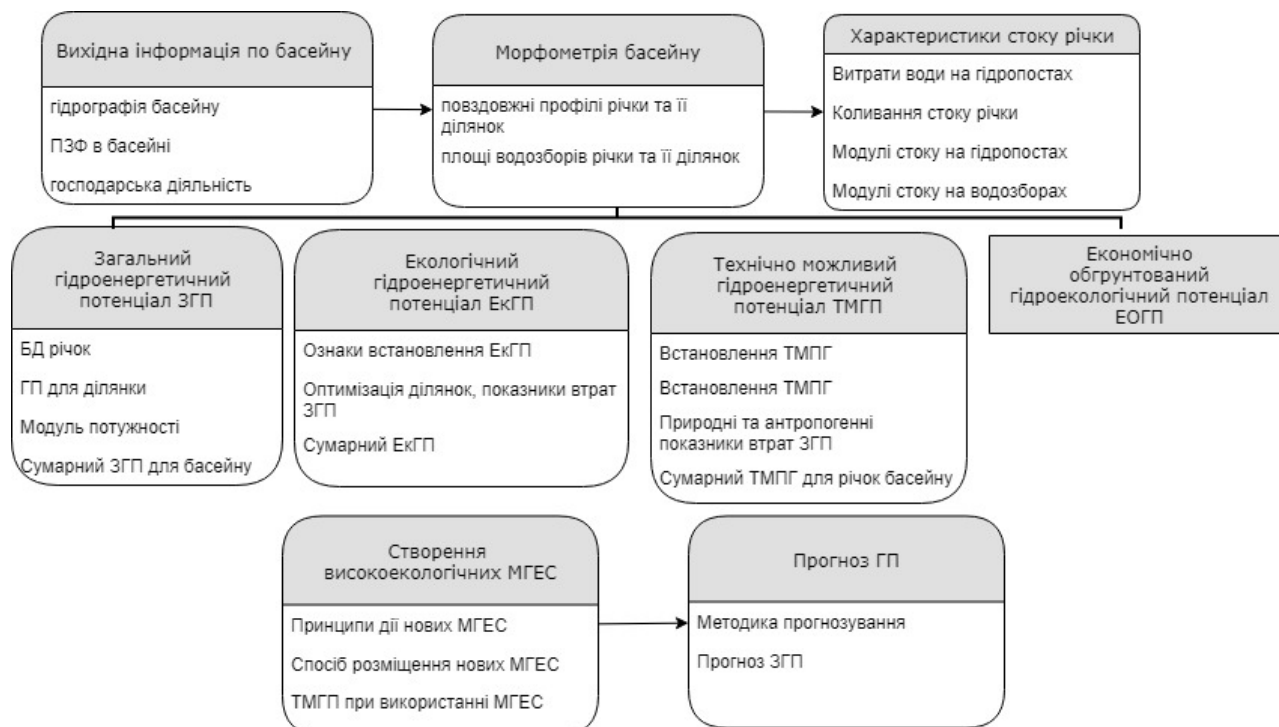


Рис. 1. Алгоритм встановлення гідроенергетичного потенціалу для річок України (Ободовський, Данько, & Почаєвець, 2017; Hydropower Potential, 2021)

Визначення ТМГП річок є одним із кінцевих блоків встановлення величини потенційних гідроенергоресурсів. Загальна схема визначення даної характеристики (рис. 1) передбачає розрахунок енергетичного потенціалу, з врахуванням екологічних втрат і втрат на ризики природних та антропогенних чинників.

Під технічно можливим гідроенергетичним потенціалом можна розуміти ту частину загального гідроенергетичного потенціалу, яка є технічно можливою для використання. За (Цепенда, 2009), його визначають виходячи з потенціалу водних ресурсів, які варто зменшити як ризики від втрат, пов'язаних із фільтрацією та випаровуванням при створенні значних за площею водосховищ, неможливістю повного використання стоку води річки (слабке його зарегулювання, можливі відбори води, відсутність комунікацій та ЛЕП тощо). Його величина залежить також від: а) геологічних умов (середовища) – тектонічні розломи, тектонічні рухи, землетруси, карст, зсуви та селі; б) гідрогеологічних умов – рівень залягання підземних вод; в) орографії басейну – крутизна схилів та похили річок, фізичних властивостей ґрунтів – суфозія, просідання, набрякання тощо (Цепенда, 2009; Рудько, & Консевич, 1998).

Щодо встановлення технічного можливого потенціалу в роботах (Ободовський, Данько, & Почаєвець, 2017; Obodovskiy et al., 2020; Hydropower Potential, 2021), зазначається, що величини, пов'язані із втратами водних ресурсів (втрати напорів і втрати стоку), зазвичай можуть змінюватися в межах від 3 до 10 %. Причому максимальні значення характерні для дериваційних ГЕС. Крім того, механічні втрати при перетворенні гідралічної енергії в електричну можуть сягати 11–13 %. Разом величина цих втрат становить максимум 22–24 %. За старих конструкцій ГЕС та їх турбін вони неминучі. Отже, реальне використання загального гідроенергетичного потенціалу (ЗГП), пов'язане із втратами водних ресурсів, становить орієнтовно 87 %, а в окремих випадках може

досягати 75 %. Натомість для річок загалом ці втрати можуть становити навіть понад 40 % (Малі річки, 1991).

До чинників, які, безумовно, суттєво знижують технічно можливий потенціал, треба віднести й екологічний потенціал річок (Kryvets, Obodovskiy, & Pochaievets, 2022; Бриль, Васько, & Мороз, 2019; Гідроенергетичний потенціал, 2018). Величину енергії технічно можливого гідроенергетичного потенціалу річок можна визначити із запропонованої нами загальної схеми встановлення потенціалу для річок України за таким виразом:

$$E_{\text{ТМГП}} = E_{\text{ЕкГП}} - E_{\text{ВТРАТ}}, \quad (1)$$

де $E_{\text{ТМГП}}$ – енергія технічно можливого гідроенергетичного потенціалу; $E_{\text{ЕкГП}}$ – енергія екологічного гідроенергетичного потенціалу; $E_{\text{ВТРАТ}}$ – енергія ризиків, пов'язаних із втратами водних ресурсів, небезпечними геологічними та гідрогеологічними процесами, небезпечною екзогенною діяльністю, антропогенним впливом тощо. Якщо загальний енергетичний потенціал може бути встановлений з попередніх досліджень (Ободовський та ін., 2017; Obodovskiy et al., 2020; Hydropower Potential, 2021), то величини $E_{\text{ЕкГП}}$ визначаються для природоохоронних територій (Kryvets, Obodovskiy, & Pochaievets, 2022). Невідомою величиною в правій частині рівняння (1), яка, власне, і відображає $E_{\text{ТМГП}}$, залишається $E_{\text{ВТРАТ}}$.

У своїх розрахунках $E_{\text{ТМГП}}$ ми користуємося експертною оцінкою основних ризиків, які можуть знижувати загальне виробництво гідроелектроенергії (Obodovskiy et al., 2020; Ободовський та ін., 2016; Проблеми гідрології, 2019; Hydropower Potential, 2021). Серед показників цього потенціалу (як природних, так і антропогенних), які вказують на ці ризики для рівнинних річок, запропоновано такі (Obodovskiy et al., 2020; Ободовський та ін., 2016; Проблеми гідрології, 2019):

- наявність розгалужених типів русел річок ($E_{\text{РУСЛ}}$);
- похили річок і ширина заплави ($E_{\text{ЗАП}}$);
- ерозія ґрунтів, заболоченість (екзогенні процеси), ($E_{\text{ЕКЗО}}$);
- карст ($E_{\text{КАРСТ}}$);

- зарегульованість стоку та меліорація територій ($E_{зм}$);
- відсутність комунікацій та ЛЕП ($E_{клеп}$);
- селитебне навантаження та інша господарська діяльність ($E_{снгд}$).

Перші чотири показники можна віднести до природних, наступні три є антропогенними. "Питома вага" ризику на зменшення загального гідроенергетичного потенціалу

кожного із цих показників для річок, які протікають у різних природних умовах, є різною (Архипова, 2011; Атлас енергетичного потенціалу, 2020). Тому для них уведено відсоткові величини зменшення загального гідроенергетичного потенціалу, які можна використовувати як для басейнового ЗГП, так і для відповідних ділянок річок. Ці показники (у %) можна представити у вигляді відповідної оціночної таблиці (табл. 1).

Таблиця 1

Зменшення (ризик впливу) ЗГП для рівнинних річок України (на прикладі району басейну річки Дніпро)

№ п/п	Дія на ЗГП	Виразено у %						
		Розгалужені типи русел річок	Похили річок і ширина заплави ($E_{зап}$)	Ерозія ґрунтів, заболоченість (екзогенні процеси) ($E_{екзо}$)	Карст ($E_{карст}$)	Зарегульованість стоку та меліорація територій ($E_{зм}$)	Відсутність комунікацій та ЛЕП ($E_{клеп}$)	Селитебне навантаження та інша господарська діяльність ($E_{снгд}$)
1	Відсутня	0	$(B_{зап}/B_p < 3, I > 0,0005)$	0	0	0	0	0
2	Слабка	0,1–1	$(B_{зап}/B_p < 5, 0,005 > I > 0,003)$	1–10	0,1–7,5	0,01–5	0,1–5	0,1–5
3	Помірна	1–5	$(B_{зап}/B_p < 10, 0,003 > I > 0,0015)$	10–20	7,5–15	5–10	5–10	5–10
4	Сильна	>5	$(B_{зап}/B_p < 15, I < 0,0015)$	>20	>15	>10	>10	>10

Примітки.* $B_{зап}$ – ширина заплави (м), B_p – ширина русла (м).

Перший із природних показників стосується зміни умов руслоформування і, як наслідок, наявності розгалужених типів русел річок ($E_{русл}$) (табл. 1). При переході із врізаного меандруючого русла (або з русла з розвинутими алювіальними формами) до розгалуженого русла (руслова або заплавна багаторукавність) зменшуються похили річок і падає їх транспортувальна (енергетична) здатність (Ободовський, 2001; Ободовський, Хільчевський, & Ободовський, 2018). А з іншого боку, на ділянках з багаторукавним руслом виникають певні складнощі з проектуванням та будівництвом ГЕС. Але такі ділянки русла річок мають незначне поширення (не більше 6 % протяжності всіх річок) на території досліджуваного басейну (Ободовський, 2001).

Наступним "природним" екзогенним чинником, який потенційно зменшує ЗГП річок, є відповідні похили річок та ширина їх заплави ($E_{зап}$). Частка наведених показників загалом становить суттєві ризики щодо зменшення загального гідроенергетичного потенціалу і є різною для річок регіону. Ураховуючи те, що територія району басейну Дніпра є доволі строкатою з огляду на рельєфоутворення, вказані в табл. 1 показники можуть суттєво зменшувати використання ЗГП. Насамперед ідеться про похил річки. За малих похилів поліських річок у суббасейнах Прип'яті та Десни і водночас за наявності широких, подекуди заболочених заплав, використання ЗГП стає доволі проблематичним і має суттєві обмеження, які наведені у показниках табл. 1 (Ободовський, 2001; Obodovskiy et al., 2020).

Наступний показник стосується екзогенних процесів, тобто ризиків від ерозії ґрунтів і заболоченості території ($E_{екзо}$) (табл. 1). "Внесок" показників ерозії ґрунтів і заболоченості на ній на ЗГП може бути навіть дещо більшим, ніж у попередньому випадку, але вони досить взаємопов'язані. Так, ерозія ґрунтів може виражатися через похили річки, а відносна ширина заплави може бути зумовлена її висотою і врешті-решт заболоченістю. Такі ділянки на території досліджуваного басейну притаманні верхів'ям Прип'яті, нижнім течіям річок Случі, Горині, Уборті, Сули. На таких ділянках річок величини ЗГП можуть бути доволі зменшені.

Поширення карсту на території досліджуваного басейну також потенційно може зменшувати величину ЗГП ($E_{карст}$) (табл. 1). Вплив карсту може проявлятися у ймовірності просідання території, а також інженерних споруд, розташованих на ній, перерозподілі стоку річок, активізації небезпечних екзогенних процесів. На досліджуваній території карст поширений у басейнах Вижівки, Турії, Стохода, Стирі, Горині, Знобівки та Інгульця. Загалом ризики від впливу карсту на ЗГП на території досліджуваного басейну незначні (Проблеми гідрології, 2019).

Серед чинників, які зумовлені антропогенним впливом щодо зменшення ЗГП, можна виділити зарегульованість стоку та меліорацію земель ($E_{зм}$) (табл. 1). В умовах зарегулювання стоку й особливо за наявності меліоративних територій у межах водозбірних площ річок, можливе досить суттєве зменшення ЗГП. Воно пов'язане передусім із порушеннями гідравлічних параметрів потоку річок, їх похилів (напорів) та умов функціонування системи "потік-русло", спричинених перерозподілом витрат води. На території досліджуваного басейну зарегульованих ділянок річок небагато, а меліоровані площі займають доволі значну територію. Особливо це стосується поліських річок, нижньої течії Росі, Вільшанки, Тясмину та Конки.

Наступним антропогенним чинником, який може зменшити ЗГП, є відсутність комунікацій та ліній електропередач у межах водозбірних басейнів та вздовж річок ($E_{клеп}$) (табл. 1). Виробництво електроенергії, особливо на малих ГЕС, є доцільним за умов близької відстані до енергоспоживача (0,5–2,5 км) (Рудько, & Консевич, 1998).

Водночас мають бути облаштовані різні комунікації (дороги, мости, інші інженерні споруди), а також розміщені в безпосередній близькості населені пункти та інші енергоспоживачі (підприємства, туристичні бази, інша інфраструктура). Важлива також наявність існуючих ліній електромереж, до яких можуть бути під'єднані нові потужності. Разом з тим оптимізація місць спорудження ГЕС має враховувати значну обмеженість створення великих за площею водосховищ і високих гребель (Бриль, Василько, & Мороз, 2019), які суттєво

порушують екологічні умови функціонування річкової системи та природного середовища.

До інших антропогенних чинників, які потенційно зменшують ЗГП, можуть бути віднесені: щільність селитебного навантаження (особливо в русло-заплавному комплексі річок), знеліснення територій, видобуток корисних копалин у русло-заплавному комплексі і на водозборі та ін. ($E_{\text{СНГД}}$) (табл. 1). Населені пункти в багатьох випадках розташовані вздовж долин (русел) річок, причому їх протяжність може сягати кількох кілометрів. У свою чергу, надмірна оранка території може призвести як до зростання кількості наносів, що надходять у річку (р. Самара, р. Вовча) і змінюють гідравлічну структуру потоку, так і до збільшення активності ерозійної діяльності на схилах (екзогенні процеси). На зменшення ЗГП може також вплинути видобування будівельних матеріалів, шахтне і відкрите розроблення корисних копалин, розроблення нафтових та газових родовищ (р. Сула), що може призвести до активізації різних екзогенних та ендегенних процесів. Також до цього переліку варто додати забір руслового та заплавного алювію на ділянках річок та їх руслах (р. Десна). Цей чинник може зумовити "просідання рівнів води", зміни похилів водної поверхні та зменшення величини напору, що може збільшити ризики на скорочення гідравлічних ресурсів річки або її ділянки.

Всі перелічені ризики встановлюються для певних ділянок річок, а за ними – для річки у цілому (Obodovskiy et al., 2020; Проблеми гідрології, 2019).

Провівши експертно-критеріальний аналіз можливого ризику від впливу різних природних та антропогенних чинників на зменшення величини загального гідроенергетичного потенціалу, встановлено загальну сумарну кількість втрат його величини та ризиків їх впливу на зменшення ЗГП для рівнинних річок (на прикладі району басейну річки Дніпро) (Obodovskiy et al., 2020):

$$\sum E_{\text{ВТРАТ}} = E_{\text{РУСЛ}} + E_{\text{ЗАП}} + E_{\text{ЕКЗО}} + E_{\text{КАРСТ}} + E_{\text{ЗМ}} + E_{\text{КЛЕП}} + E_{\text{СНГД}}. \quad (2)$$

Максимальні теоретичні (гіпотетичні) втрати за формулою (2) у разі сильної їх дії (або переважному визначеному впливові одного із них) можуть взагалі становити 100 % ЗГП, а використання гідроенергії на певній ділянці річки є неможливим. Але практично вказані втрати у разі значного впливу його на ЗГП за всіма вказаними ризиками можуть досягати 60–85 % втрат для річок досліджуваного басейну.

Для виявлення цих втрат було проведено експертні оцінки прояву руслових процесів (Ободовський, 2001) та використано картографічні матеріали електронної версії (це дало змогу точніше оцінити природні особливості в масштабі регіону) "Національного атласу України" (Національний атлас України, 2007). Також для встановлення антропогенних ризиків було залучено деякі літературні джерела та топографічні карти масштабів 1 : 50 000 та 1 : 100 000, за якими проводився аналіз зарегульованості річок досліджуваного регіону, ступінь меліоративного та селитебного освоєння території та оцінка наявності комунікацій у регіоні.

Результати

Район річкового басейну Дніпра має площу водозбору 296,3 тис. км² (Хільчевський, & Гребінь, 2017). Загальна кількість ділянок дослідження – 1704, які розміщені на 788 річках. Критеріями відбору ділянок були зміни похилу річки та її водності (впадіння притоки). Для річок площі водозбору було обрано не меншими 100 км², з втратами води понад 0,3 м³/с (Obodovskiy et al., 2020;

Проблеми гідрології, 2019). Найбільша кількість річок та ділянок на них зосереджена в межах суббасейну Середнього Дніпра – відповідно 620 ділянок на 296 річках. Найменша – в суббасейні Десни в межах України – 211 ділянок на 75 річках. Річки району річкового басейну Дніпра належать до категорії рівнинних, характеризуються незначними перепадами висот та помірною густотою річкової мережі. Модуль стоку змінюється від 0,2 до 1 л/с км² у суббасейні Нижнього Дніпра, від 1 до 2,5 л/с км² у межах Середнього Дніпра та від 2,5 до 4 л/с км² у суббасейнах Прип'яті та Десни (River Runoff, 2020; Лук'янець та ін., 2021).

Завдяки детальному аналізу розподілу гідроенергетичних потужностей досліджуваних річок можна виділити найбільш та найменш доцільні для використання та виробництва електроенергії ділянки. Запропонована схема дає змогу достатньо об'єктивно оцінити майбутню ефективність потенційної ділянки для будівництва різних видів ГЕС, включаючи і високоекологічні малі гідроелектростанції (ВЕГЕС) (Онищук, & Ободовський, 2017; Ободовський, Онищук, & Почаєвець, 2019). Враховуючи абсолютні показники технічно можливого потенціалу, а також відповідні відсотки характерних та переважних ризиків (характер прояву екзогенних або ендегенних процесів, антропогенну діяльність), можна визначити найперспективніші ділянки річок для енергетичного їх освоєння.

За запропонованими підходами було розраховано величини технічно можливого гідроенергетичного потенціалу річок району басейну річки Дніпро (табл. 2, рис. 2).

Для обчислення ТМГП було проаналізовано вказані ризики (табл. 1), які дали змогу створити карту розподілу технічно можливого гідроенергетичного потенціалу району басейну річки Дніпро (рис. 2). Відповідні характеристики ТМГП основних річок наведено в табл. 2 (переважно притоки першого – третього порядків), а за суббасейнами – в табл. 3.

Враховуючи те, що територія басейну Дніпра (у межах України) надзвичайно різноманітна як за природними умовами, так і за ступенем господарського освоєння, вплив природно-антропогенних дескрипторів на показник ТМГП суттєво різниться в просторовому відношенні (табл. 2).

Так, найбільший відсоток втрат технічно можливого потенціалу щодо ЗГП притаманний Прип'яті, Стоходу та Самарі і коливається в межах 48–58,5 %. Тут провідну роль відіграють похили русел річок та заболоченість їх водозборів. Найменші показники цих втрат характерні для таких річок, як Супій, Ірклій, Ствига та Уж, і змінюються від 23 до 25 %. Пріоритетними тут є втрати, зумовлені заболоченістю та меліорацією території заплав.

Стосовно оцінок частки втрат та технічно можливого гідроенергетичного потенціалу ($E_{\text{ЕКГП}}$) річок основних суббасейнів річки Дніпро, то в межах суббасейну Середнього Дніпра його загальні втрати в середньому коливаються в межах 23–45 %. До територій, які були виключені ще на етапі врахування екологічних втрат потенціалу ($E_{\text{ЕКГП}}$) (Kryvets, Obodovskiy, & Pochaievets, 2022) (рис. 1), додалися ще басейни рр. Псел, Ворскла, Красна, Рось та Тясмин, технічно можливий потенціал яких становить 0 кВт, оскільки він весь покривається екологічним гідроенергетичним потенціалом. Отже сумарний технічно можливий потенціал річок суббасейну Середнього Дніпра становить 30647 кВт, що дорівнює лише 20 % від його загального гідроенергетичного потенціалу.

Таблиця 2

Частка втрат та оцінений технічно можливий гідроенергетичний потенціал ($E_{\text{ТМГП}}$)
річок основних суббасейнів річки Дніпро

№	Річка	Втрати потенціалу через розгалуження русел	Втрати потенціалу через похили та ширину заплави	Втрати потенціалу через ерозію та заболоченість	Втрати потенціалу через карст	Втрати потенціалу через зарегульованість та меліорації	Втрати потенціалу через недостатню розвиненість комунікації	Втрати потенціалу через стан селитебного навантаження	Загальний % втрат ГП	Сума втрат, кВт	ТМГП, кВт
Суббасейн Середнього Дніпра											
1	Трубіж	1	5	5	1	4	5	5	26	483	1183
2	Супій	3	4	5	2	3	1	5	23	224	693
3	Золотоношка	1	5	5	1	4	5	5	26	82	142
4	Ірклій	3	4	5	2	3	1	5	23	29	0
5	Сула	3	12	13	2	4	2	5	41	7401	786
6	Псел	0	13	15	1	3	3	4	39	13531	0
7	Ворскла	0	12	12	2	3	2	7	38	7712	0
8	Тетерев	1	3	0	1	15	1	5	26	10446	27305
9	Ірпін	1	5	0	1	15	1	5	28	1168	0
10	Стугна	1	5	10	0	15	1	5	37	281	228
11	Красна	1	5	10	0	15	1	5	37	135	0
12	Рось	1	3	15	0	20	1	5	45	12172	0
13	Вільшанка	1	5	5	0	15	1	5	32	229	310
14	Тясмин	5	4	15	0	15	1	5	45	1818	0
15	Цибульник	1	2	15	0	15	1	5	39	99	0
16	Омельник	1	2	15	0	15	1	5	39	165	0
Разом по суббасейну											30647
Суббасейн Нижнього Дніпра											
1	Орель	0	12	11	2	4	2	10	41	2742	0
2	Самара	0	15	15	2	6	2	8	48	6582	3379
3	Ворона	0	3	15	1	5	5	3	32	16	0
4	Плоська Осокорівка	0	3	15	0	5	3	5	31	29	0
5	Конка (Кінська)	0	5	10	0	3	1	9	28	417	339
6	Малі притоки Дніпра	1	2	15	0	15	1	5	39	43	66
7	Мокра Сура	1	2	15	0	15	1	5	39	371	0
8	Томаківка	1	2	15	0	15	1	5	39	129	0
9	Базавлук	1	1	10	5	15	1	5	38	1400	0
10	Інгулець	1	2	10	7.5	20	1	5	46.5	5192	0
Разом по суббасейну											3783
Суббасейн р. Прип'ять											
1	Прип'ять	1	20	15	5	7.5	5	5	58.5	58169	0
2	Вижівка	0	1	12	10	7.5	2	2	34.5	236	0
3	Тур'я	0	1	12	10	12	2	2	39	887	0
4	Коростянка	0	1	12	10	12	2	2	39	55	85
5	Стохід	5	12	12	7.5	12	2	2	52.5	1445	0
6	Веселуха	0	5	7.5	10	10	2	2	36.5	162	0
7	Стир	0	5	7.5	7.5	10	3	2	35	10088	943
8	Горинь	0	5	7.5	7.5	10	1	4	35	27442	12719
9	Ствига	0	5	5	0	10	3	2	25	670	1315
10	Уборть	1	5	5	0	10	3	2	26	1898	1192
11	Словечна	0	10	10	0	10	3	2	35	356	460
12	Желонь	0	5	5	0	15	3	2	30	65	7
13	Уж	0	5	5	0	10	2	3	25	4346	1217
Разом по суббасейну											17938
Суббасейн р. Десна											
1	Снов	0	10	6	2	6	8	3	35	3014	4150
2	Рогізна	0	10	3	6	2	6	3	30	32	0
3	Знобівка	0	10	3	8	8	6	3	38	353	0
4	Свига	0	10	3	7	8	7	3	38	280	387
5	Смяч	0	12	3	7	6	5	3	36	59	79
6	Рома	0	10	3	7	2	5	5	32	31	60
7	Івотка	0	12	3	6	8	5	3	37	531	524
8	Шостка	0	10	3	5	8	3	6	35	160	0
9	Малотечка	0	10	3	2	2	4	6	27	31	0
10	Ласка	0	10	3	2	5	4	4	28	38	0
11	Осота	0	12	3	2	3	2	7	29	46	0
12	Єсмань	0	12	3	2	8	8	2	35	330	331
13	Стрижень	0	15	3	2	6	4	5	35	37	0

Закінчення табл. 2

№	Річка	Втрати потенціалу через розгалуження русел	Втрати потенціалу через похили та ширину заплави	Втрати потенціалу через ерозію та заболоченість	Втрати потенціалу через карст	Втрати потенціалу через зарегульованість та меліорації	Втрати потенціалу через недостатню розвиненість комунікації	Втрати потенціалу через стан селитебного навантаження	Загальний % втрат ГП	Сума втрат, кВт	ТМГП, кВт
14	Убідь	0	15	3	2	8	5	4	37	611	352
15	Сейм	0	15	12	5	7	2	6	47	3887	2337
16	Мена	0	15	3	2	8	1	7	36	113	153
17	Береза	0	15	3	2	4	6	1	31	295	641
18	Смолянка	0	15	3	2	6	8	3	37	30	32
19	Замглай	0	15	3	2	8	8	3	39	83	131
20	Стрижень	0	10	3	2	3	2	9	29	25	0
21	Білоус	0	10	3	2	2	5	3	25	121	311
22	Вздвиг	0	12	3	2	5	4	4	30	33	77
23	Старуха	0	12	3	2	4	5	4	30	30	70
24	Мета	0	12	3	2	4	5	4	30	10	24
25	Остер	0	13	7	2	8	5	5	40	613	858
26	Десна	0	12	4	3	6	5	4	34	37557	40697
Разом по суббасейну											51214
Разом по басейну											103582

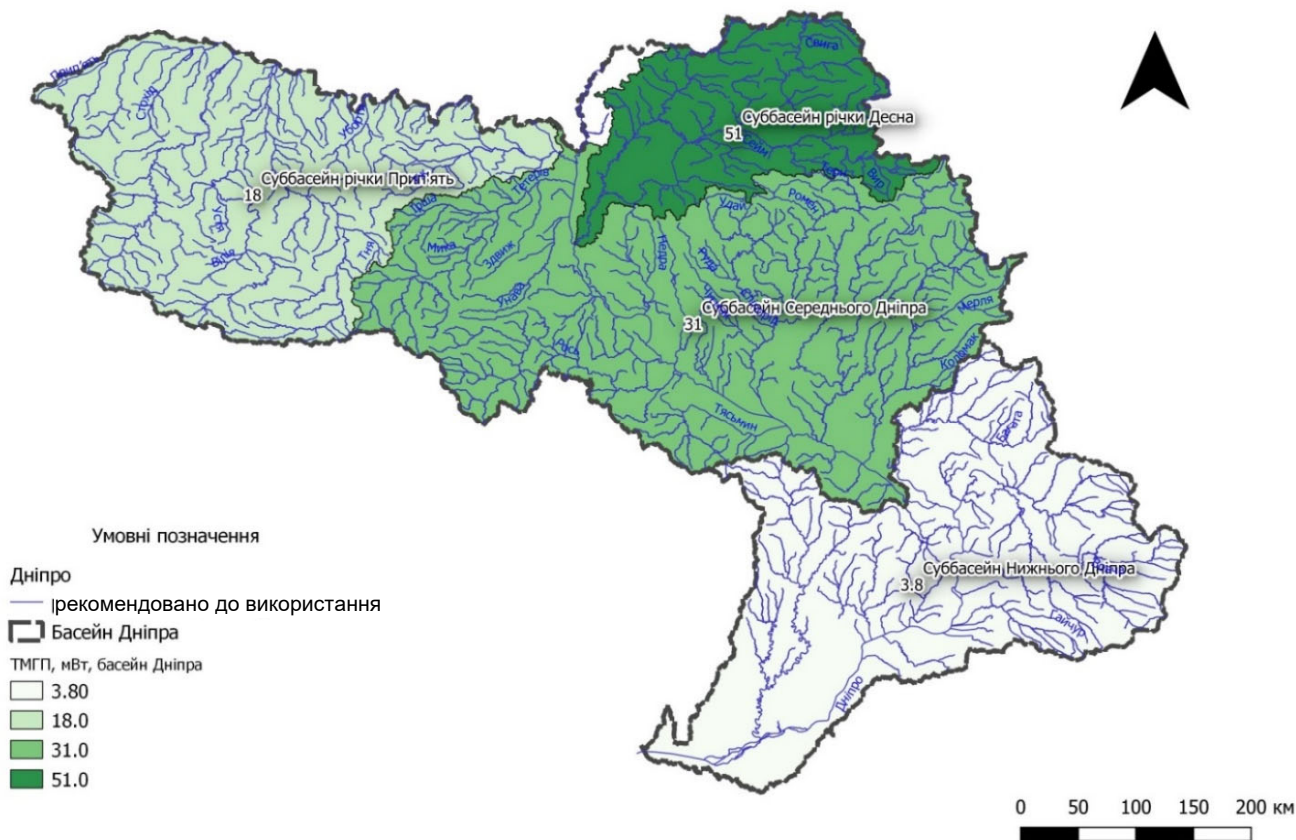


Рис. 2. Карта розподілу технічно можливого гідроенергетичного потенціалу річок басейну Дніпра

Таблиця 3

Розподіл технічно можливого гідроенергетичного потенціалу за суббасейнами району басейну річки Дніпро

№	Назва суббасейну	Е _{згп} , кВт	Е _{екгп} , кВт	% від Е _{заг} , кВт	Е _{тмгп} , кВт	% Е _{тмгп} від Е _{згп} , кВт
1	Суббасейн Середнього Дніпра	154271	64762	42	30647	20
2	Суббасейн Нижнього Дніпра	38269	16038	42	3783	10
3	Суббасейн річки Прип'ять	241557	63334	26	17938	7
4	Суббасейн річки Десна	138803	99097	71	51214	37
Разом по району басейну річки Дніпро		572900	243231	43	103582	18

У межах суббасейну Нижнього Дніпра загальні втрати потенціалу в середньому коливаються в межах 28–48 %. До басейнів, які були виключені з розрахунку ще на етапі врахування екологічних втрат потенціалу, додалися ще басейни таких річок, як Орель, Мокра Сура, Базавлук та Інгупець (Obodovskiy et al., 2020) (табл. 3). Таким чином, сумарний технічно можливий потенціал річок суббасейну Нижнього Дніпра становить 3783 кВт, що дорівнює лише 10 % від загального гідроенергетичного потенціалу суббасейну.

Щодо суббасейну р. Прип'ять, то потужності технічно можливого гідроенергетичного потенціалу річок правобережжя басейну Прип'яті (в межах України) надзвичайно сильно відрізняються від показників ЗГП. За даними табл. 3 водотоки басейну Прип'яті мають здатність забезпечити лише 7,4 % від сумарної загальної гідроенергетичної потенціальної потужності 17938 кВт. Найбільших втрат гідроенергетичних потужностей зазнають водотоки басейнів річок Тур'ї, Коростянки, Стоходу та Веселухи. На цих територіях поширення карстових процесів, заболоченості та щільної мережі меліоративних каналів створюють несприятливі умови для розвитку гідроенергетичної галузі.

Щодо суббасейну р. Десна, то потужності технічно можливого гідроенергетичного потенціалу річок мають здатність забезпечити 37 % від сумарної загальної гідроенергетичної потенціальної потужності 51214 кВт. Найбільших втрат, окрім тих, які були вже виключені з розрахунків при врахуванні екологічно обґрунтованих втрат, зазнають водотоки басейнів річок Рогізна, Знобівка, Шостка, Осота (табл. 3). Найбільший відсоток цих втрат на вказаних річках припадає на втрати потенціалу через похили русел та ширину заплави.

Варто зазначити, що загалом за суббасейнами району басейну річки Дніпро енергія технічно можливого гідроенергетичного потенціалу становить лише 18 % від Езгп. А загальні втрати гідроенергетичного потенціалу річок району басейну річки Дніпро, із врахуванням втрат на енергію екологічного гідроенергетичного потенціалу, становили 346813 кВт, що відповідає 61 % від ЗГП. Інакше кажучи, придатними до використання, з урахуванням всіх потенційних втрат і ризиків, можна вважати 226087 кВт (39 % від ЗГП).

Таким чином, найбільші втрати загального гідроенергетичного потенціалу притаманні річкам суббасейнів Прип'яті та Нижнього Дніпра і становлять 7 та 10 % відповідно від його величини, а найменші характерні для річок суббасейну Десни – 37 % від ЗГП. Отримані результати можуть стати в нагоді під час проектування нових гідроенергетичних споруд на вказаних річках як джерел альтернативної енергії.

Дискусія і висновки

Обґрунтовано поняття технічно можливого гідроенергетичного потенціалу річок, який можна визначити із загальної схеми встановлення гідроенергетичного потенціалу для річок України. Представлено вираз для встановлення технічно можливого гідроенергетичного потенціалу як різниці між енергією екологічного гідроенергетичного потенціалу та енергією ризиків, пов'язаних із втратами водних ресурсів, небезпечними геологічними та гідрогеологічними процесами, небезпечною екзогенною діяльністю, антропогенним впливом тощо. Використано експертну оцінку основних ризиків, серед яких виокремлено сім основних, які можна застосувати для рівнинних річок України і, зокрема, для річок району басейну річки Дніпро:

наявність розгалужених типів русел річок ($E_{\text{русл}}$); похили річок і ширина заплави ($E_{\text{зап}}$); ерозія ґрунтів, заболоченість (екзогенні процеси), ($E_{\text{екзо}}$); карст ($E_{\text{карст}}$); зарегульованість стоку та меліорація територій ($E_{\text{зм}}$); відсутність комунікацій та ЛЕП ($E_{\text{леп}}$); селитебне навантаження та інша господарська діяльність ($E_{\text{снгд}}$). Визначено ризики дії на зменшення ЗГП кожного з них та їхній сумарний вплив. Ці критерії встановлюються для кожної ділянки річки і для річки в цілому.

Для району річкового басейну Дніпра загальна кількість ділянок дослідження, розташованих на 788 річках, становила 1704. Критеріями відбору річок були площі водозбору, обрані не меншими за 100 км², з витратами води понад 0,3 м³/с.

За запропонованими підходами було розраховано величини технічно можливого гідроенергетичного потенціалу річок району басейну річки Дніпро за окремими річками (переважно притоки першого та другого порядків) та суббасейнами. Для річок вказаного району басейну було створено карту розподілу технічно можливого гідроенергетичного потенціалу. Отримані результати засвідчили, що найбільший відсоток втрат технічно можливого потенціалу притаманний Прип'яті, Стоходу та Самарі і коливається в межах 48–58,5 %. Тут провідну роль відіграють похили та заболоченість. Найменші показники цих втрат характерні для річок Супій, Ірклій, Ствига та Уж і змінюються від 23 до 25 %. Пріоритетними тут є втрати, зумовлені заболоченістю та меліорацією території заплави.

Загалом за суббасейнами річок району басейну річки Дніпро енергія технічно можливого гідроенергетичного потенціалу становить лише 18 % від Езгп. А загальні втрати гідроенергетичного потенціалу річок району басейну річки Дніпро, із врахуванням втрат на енергію екологічного гідроенергетичного потенціалу, становили 346813 кВт, що відповідає 61 % від ЗГП. Інакше кажучи, придатними до використання, з урахуванням всіх потенційних втрат і ризиків, можна вважати 226087 кВт (39 % від ЗГП).

Внесок авторів: Олександр Ободовський – концептуалізація досліджень стосовно гідроенергетичного потенціалу, алгоритму встановлення гідроенергетичного потенціалу річок, розроблення методики встановлення та створення експертних оцінок дослідження технічно можливого гідроенергетичного потенціалу, аналіз отриманих результатів, написання та редагування статті; Костянтин Данько – участь у розробленні методики встановлення технічно можливого гідроенергетичного потенціалу, розрахунки цього потенціалу для річок правобережжя Дніпра; Олена Почаєвець – участь у розробленні алгоритму встановлення гідроенергетичного потенціалу річок, валідація даних, розрахунки потенціалу для річок басейну Дніпра, застосування ГІС-технологій для створення карти розподілу технічно можливого гідроенергетичного потенціалу річок басейну Дніпра, перегляд та технічне оформлення статті; Наталія Корогода – розрахунки технічно можливого гідроенергетичного потенціалу для річок лівобережжя Дніпра, валідація даних, технічне оформлення статті; Василь Гребінь – застосування басейнового принципу у визначенні технічно можливого гідроенергетичного потенціалу річок, написання (перегляд і редагування) статті.

Список використаних джерел

- Архипова, Л. М. (2011). *Природно-техногенна безпека гідроекосистем*. ІФНТУНГ.
- Бриль, А. О., Васько, П. Ф., & Мороз, А. В. (2019). Технічний потенціал гідроенергетичних ресурсів малих річок України з урахуванням природоохоронних обмежень. *Гідроенергетика України*, 3–4, 47–51.
- Гаврилюк, Р. Б., & Веремійчик, Г. К. та ін. (2018). *Гідроенергетичний потенціал річок України: розвінчання міфів*. Фенікс.
- Кудря, С. О. (Ред.). (2020). *Атлас енергетичного потенціалу відновлюваних джерел енергії України*. Інститут відновлюваної енергетики НАН України.

Лук'янець, О. І., Ободовський, О. Г., Гребін, В. В., Почаєвцев, О. О., & Корнієнко, В. О. (2021). Просторові закономірності зміни середнього річного стоку води річок України. *Український географічний журнал*, 1, 6–14. <https://doi.org/10.15407/ugz2021.01>

Ободовський, О. Г. (2001). *Гідролого-екологічна оцінка руслових процесів (на прикладі річок України)*. Ніка-Центр.

Ободовський, О. Г., Данько, К. Ю., & Почаєвцев, О. О. (2017). Загальний енергетичний потенціал річок Українських Карпат. *Вісник Київського університету імені Тараса Шевченка. Географія*, 1(66), 15–29. <http://doi.org/10.17721/1728-2721.2017.66.2>

Ободовський, О. Г., Данько, К. Ю., Сніжко, С. І., & Онишчук, В. В. (2019). Гідроекологічна оцінка та прогноз гідроенергетичного потенціалу річок Правобережжя басейну Дніпра (в межах України). У В.І. Осадчий, Л.О. Горбачова, О.Г. Ободовський та ін. (Ред.), *Проблеми гідрології, гідрохімії, гідроекології*, с. 39–57. Ніка-Центр.

Ободовський, О. Г., Онишчук, В. В., & Почаєвцев, О. О. (2019). Перспективи використання гідроенергетичного потенціалу на річках басейну Дніпра (на прикладі р. Рось). *Вісник Київського університету імені Тараса Шевченка. Геологія*, 1(84), 56–62.

Ободовський, О., Данько, К., Почаєвцев, О., & Ободовський, Ю. (2016). Методика встановлення гідроенергетичного потенціалу річок (на прикладі річок Українських Карпат). *Вісник Київського національного університету імені Тараса Шевченка*, 1(64), 5–12. <http://doi.org/10.17721/1728-2721.2016.64.1>

Ободовський, Ю. О., Хільчевський, В. К., & Ободовський, О. Г. (2018). *Гідроморфоекологічна оцінка руслових процесів річок верхньої частини басейну Тиси (в межах України)*. Прінт-сервіс.

Онишчук, В. В., & Ободовський, О. Г. (11.12.2017). Високоєкологічна гідроелектростанція. *Патент України на корисну модель № 121730*. Опубл. Бюл. № 23, 2017.

Руденко, Л. Г. (Ред.). (2007). *Національний атлас України*. ДНВП "Картографія".

Рудько, Г. І., & Консевич, Л. М. (1998). *Наукові засади екологічної оцінки та оптимального використання гідроресурсів Карпатського регіону*. Знання.

Хільчевський, В. К., & Гребін, В. В. (2017). Гідрографічне та водогосподарське районування території України, затверджене у 2016 р. – реалізація положень ВРД ЄС. *Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія*, 1(44), 8–20.

Цепенда, М. М. (2009). Методичні особливості економіко-географічної оцінки гідроенергетичного потенціалу Середнього Придністров'я. *Наук. записки Вінницького держ. пед. ун-ту ім. М. Коцюбинського. Серія Географія*, 18, 211–219.

Яцик, А. В., Бишовцев, Л. Б., & Богатов, Є. О. (1991). *Малі річки України*. Урожай.

Kryvets, O., Obodovskiy, O., & Pochaievets, O. (2022). Determination of the ecological hydropower potential of Ukrainian rivers. *XVII International Scientific conference "Monitoring of Geological Processes and Ecological Condition of the Environment"* 7–10 November, 2022, Kyiv, p. 1–5. <https://doi.org/10.3997/2214-4609.2023520043>

Obodovskiy, O. G., Danko, K. Yu., Pochayevets, O. O., Onyshchuk, V. V., Snizhko, S. I., & Lukyanets, O. I. (2020). Methodic Aspects of Hydroecological Assessment of Hydropower Potential of the Plain Rivers' (by Example of Dnieper Right-Bank Rivers). *Hydrobiological Journal*, 56(4), 84–102. <https://doi.org/10.1615/HydrobJ.v56.i4.70>

Obodovskiy, O. (Ed.). (2020). *River Runoff in Ukraine Under Climate Change Conditions*. LAP Lambert Akademik Publishing.

Obodovskiy, O. (Ed.). (2021). *Hydropower Potential Assessment: maintain rivers of Ukrainian Carpathians*. LAP Lambert Akademik Publishing.

References

Arkypova, L. M. (2011). *Natural and technological safety of hydroelectric systems*. IFNTUOG [in Ukrainian].

Bryl, A. O., Vasko, P. F., & Moroz, A. V. (2019). The technical potential of hydropower resources of small rivers of Ukraine, taking into account environmental restrictions. *Hydropower of Ukraine*, 3–4, 47–51 [in Ukrainian].

Cependa, M. M. (2009). Methodological features of the economic and geophysical assessment of the hydropower potential of the Middle

Transnistria. *Scientific Notes of Vinnytsia State Pedagogical University named after M. Kotsiubynskyi. Geography Series*, 18, 211–219 [in Ukrainian].

Havryliuk, R. B., & Veremiychyk, G. K. et al. (2018). *Hydropower potential of Ukrainian rivers: debunking myths*. Phoenix [in Ukrainian].

Khilchevskiy, V. K., & Grebin, V. V. (2017). Hydrographic and water management zoning of the territory of Ukraine, approved in 2016 – implementation of the provisions of the EU WFD. *Hydrology, hydrochemistry and hydroecology*, 1(44), 8–20 [in Ukrainian].

Kryvets, O., Obodovskiy, O., & Pochaievets, O. (2022). Determination of the ecological hydropower potential of Ukrainian rivers. *XVII International Scientific conference "Monitoring of Geological Processes and Ecological Condition of the Environment"* 7–10 November, 2022, Kyiv, p. 1–5. <https://doi.org/10.3997/2214-4609.2023520043>

Kudria, S. O. (Ed.). (2020). *Atlas of energy potential of renewable energy sources of Ukraine*. Institute of Renewable Energy of the National Academy of Sciences of Ukraine [in Ukrainian].

Lukyanets, O. I., Obodovskiy, O. G., Grebin, V. V., Pochaievets, O. O., & Kornienko, V. O. (2021). Spatial regularities of change in average annual water flow of rivers of Ukraine. *Ukrainian Geographical Journal*, 1, 6–14. <https://doi.org/10.15407/ugz2021.01> [in Ukrainian].

Obodovskiy, O. G., Danko, K. Yu., Pochayevets, O. O., Onyshchuk, V. V., Snizhko, S. I., & Lukyanets, O. I. (2020). Methodic Aspects of Hydroecological Assessment of Hydropower Potential of the Plain Rivers' (by Example of Dnieper Right-Bank Rivers). *Hydrobiological Journal*, 56(4), 84–102. <http://doi.org/10.1615/HydrobJ.v56.i4.70>

Obodovskiy, O., Onischuk, V., & Pochaievets, O. (2019). Perspectives of the usage of hydropower potential of the rivers of the Dnipro river basin (on the example of the Ros river). *Visnyk of Taras Shevchenko National University of Kyiv. Geology*, 1(84), 56–62 [in Ukrainian].

Obodovsky, O. G. (2001). *Hydrological and ecological assessment of riverbed processes (on the example of Ukrainian rivers)*. Nika-Centre [in Ukrainian].

Obodovskiy, O. G., Danko, K. Y., Snizhko, S. I., & Onyshchuk, V. V. (2019). Hydroecological assessment and forecast of the hydropower potential of the rivers of the Right Bank of the Dnipro Basin (within Ukraine). In V.I. Osadchii, L.O. Gorbacheva, O.G. Obodovsky et al. (Eds.). *Problems of hydrology, hydrochemistry, hydroecology*, pp. 39–57. Nika-Centre [in Ukrainian].

Obodovskiy, O., Danko, K., Pochaievets, O., & Obodovskiy, Yu. (2016). Methods of assessment hydropower potential of the rivers (the example of Ukrainian Carpathians rivers). *Visnyk of Taras Shevchenko National University of Kyiv. Geography*, 1(64), 5–12. <http://doi.org/10.17721/1728-2721.2016.64.1> [in Ukrainian].

Obodovskiy, Yu. O., Khilchevskiy, V. K., & Obodovskiy, O. G. (2018). *Hydromorphological and ecological assessment of riverbed processes in the upper part of the Tisza basin (within Ukraine)*. Print service [in Ukrainian].

Obodovskiy, O., Danko, K., & Pochaievets, O. (2017). The total hydropower potential of the Ukrainian Carpathians Rivers. *Visnyk of Taras Shevchenko National University of Kyiv. Geography*, 1–2(66–67), 15–29. <http://doi.org/10.17721/1728-2721.2017.66.2> [in Ukrainian].

Obodovskiy, O. (Ed.). (2020). *River Runoff in Ukraine Under Climate Change Conditions*. LAP Lambert Akademik Publishing.

Obodovskiy, O. (Ed.). (2021). *Hydropower Potential Assessment: mountain rivers of Ukrainian Carpathians*. LAP Lambert Akademik Publishing.

Onyshchuk, V.V., & Obodovsky, O. G. (11.12.2017). Highly environmentally friendly hydroelectric power station. *Patent of Ukraine for utility model No. 121730. Publication Bulletin No. 23, 2017* [in Ukrainian].

Rudenko, L. G. (Ed.). (2007). *National atlas of Ukraine*. Kartografiya [in Ukrainian].

Rudko, G. I., & Konsevykh, L. M. (1998). *Scientific principles of ecological assessment and optimal use of hydro resources in the Carpathian region*. Znannya [in Ukrainian].

Yatsyk, A. V., Byshovets, L. B., & Bogatov, E. O. (1991). *Small rivers of Ukraine*. Urozhay [in Ukrainian].

Отримано редакцію журналу / Received: 21.09.24

Прорецензовано / Revised: 20.11.24

Схвалено до друку / Accepted: 20.12.24

Oleksandr OBODOVSKIY¹, DSc (Geogr.), Prof.
ORCID ID: 0000-0002-5472-3222
e-mail: obodovskiy58@gmail.com

Kostiantyn DANKO², PhD (Geogr.)
ORCID ID: 0000-0002-6060-9657
e-mail: kostiantyn.danko@gmail.com

Olena POCHAIEVETS¹, PhD (Geogr.)
ORCID ID: 0000-0003-4521-9922
e-mail: olena.pochaievets@knu.ua

Nataliia KOROHODA¹, PhD (Geogr.), Assoc. Prof.
ORCID ID: 0000-0003-1518-2997
e-mail: nkorogoda@knu.ua

Vasyl GREBIN¹, DSc (Geogr.), Prof.
ORCID ID: 0000-0001-8197-607X
e-mail: grebin1964@gmail.com

¹Taras Shevchenko National University of Kyiv, Kyiv, Ukraine

²Ukrainian Hydrometeorological Institute, Kyiv, Ukraine

METHODOLOGICAL ASPECTS AND RESULTS OF DETERMINING THE TECHNICALLY POSSIBLE HYDROPOWER POTENTIAL OF UKRAINIAN RIVERS (ON THE EXAMPLE OF THE DNIPRO RIVER BASIN)

B a c k g r o u n d . *Diversification of electricity generation sources is gaining considerable attention in Ukraine today. This is especially true when the russian aggressors put out of commission the power generating capacities of thermal power plants and large hydroelectric power plants. In this context, the use of alternative (renewable) energy sources, in particular small hydropower, becomes important. That is why it is important to study the technically possible hydropower potential of rivers.*

M e t h o d s . *The rationale for and the size of the technically feasible hydropower potential of rivers can be determined from the general scheme for determining the potential for rivers in Ukraine that we have proposed. For this purpose, an expert assessment of the main risks that may reduce the overall hydropower production was carried out.*

R e s u l t s . *It has been established that the largest percentage of losses of technically possible potential, relative to the total hydropower potential (THP), is inherent in the basins of the Pripjat, Stokhid and Samara rivers and ranges from 48–58.5 %. The slopes of river channels and waterlogging of their catchments play a key role here. The lowest rates of these losses are typical of such rivers as the Supiy, Irlklyi, Stvyha and Uzh, and vary from 23 to 25 %. The priority here is losses caused by waterlogging and reclamation of floodplains.*

C o n c l u s i o n s . *Taking into account all potential losses and risks, 226087 kW (39 %) of the total hydropower potential of the studied rivers can be considered suitable for use.*

K e y w o r d s : *technically possible hydropower potential, river energy, Dnipro River basin region, risk assessment, map.*

Автори заявляють про відсутність конфлікту інтересів. Спонсори не брали участі в розробленні дослідження; у зборі, аналізі чи інтерпретації даних; у написанні рукопису; в рішенні про публікацію результатів.

The authors declare no conflicts of interest. The funders had no role in the design of the study; in the collection, analyses, or interpretation of data; in the writing of the manuscript; or in the decision to publish the results