

ГІДРОЛОГІЧНІ ЧИННИКИ ТА ЇХНЯ РОЛЬ У РОЗВИТКУ ВІДНОВЛЮВАНОЇ ЕНЕРГЕТИКИ У ЛЬВІВСЬКІЙ ОБЛАСТІ

Лопушанська М.Р., Іванов Є.А.

Львівський національний університет імені Івана Франка
вул. Університетська, 1, 79007, м. Львів
mariia.lopushanska.agrn@lnu.edu.ua, yevhen.ivanov@lnu.edu.ua

Розглянуто та проаналізовано вплив гідрологічних чинників на розвиток об'єктів відновлюваної енергетики у Львівській області. Головну увагу серед гідрологічних чинників присвячено вивченню гідроенергетичного потенціалу річок і підземних вод, а також ймовірності прояву гідрологічних надзвичайних ситуацій.

Львівська область володіє суттєвим гідроенергетичним потенціалом щодо будівництва МГЕС, головню на річках у гірській і передкарпатській частині регіону. Понад половину потенціалу припадає на басейн річки Стрий (1 374,3 млн кВт·год, 56 %). Значний потенціал припадає на басейни річок Свіча (433,7 млн кВт·год, 18 %) й Опір (412,3 млн кВт·год, 17 %). На басейни інших річок припадає до 3 % потенціалу. Проте через важливу природоохоронну цінність річок, наявності об'єктів Смарагдової мережі існують екологічні обмеження щодо здійснення діяльності на них. Відповідно, практично всі річки в басейні річки Стрий та Опір неможливо використовувати у цілях малої гідроенергетики попри високий загальний гідроенергетичний потенціал.

Гідрологічні чинники мають визначальний вплив на розвиток зеленої водневої енергетики, оскільки для електролізу потрібні значні обсяги води.

Для інших об'єктів відновлюваної енергетики у Львівській області лише гідрологічні надзвичайні ситуації можуть мати негативний вплив, а за умов необгрунтованого вибору місцевості встановлення електростанції – навіть катастрофічний. Проаналізовано вплив катастрофічного паводку, що відбувся у червні 2020 р. на сонячні електростанції у долині річки Дністер. У наслідок цього паводку зазнала затоплення СЕС у м. Галич Івано-Франківської області. Аналогічні затоплення станцій можуть відбуватися у регіоні.

Рівнинна частина Львівської області зазнає значної шкоди від техногенних паводків, затоплення і підтоплення у Червоноградському гірничопромисловому районі, що зумовлені інтенсивним просіданням земної поверхні внаслідок шахтного розроблення покладів кам'яного вугілля. Під час вибору ділянки для будівництва об'єктів відновлюваної енергетики у регіоні варто враховувати зони потенційного затоплення і підтоплення території та розташовувати станції за межами заплави і низьких надзаплавних терас річок. *Ключові слова:* відновлювана енергетика, загальний гідроенергетичний потенціал, гідрологічні надзвичайні ситуації, паводок, повинь, екологічні обмеження.

Hydrological factors and their role in the renewable development in the Lviv region. Lopushanska M., Ivanov Ye.

The impact of hydrological factors on the development of renewable energy facilities in the Lviv region has been examined and analyzed. The study primarily focuses on hydrological factors such as the hydroenergy potential of rivers and groundwater, as well as the probability of occurrence of hydrological emergencies.

The Lviv region possesses significant hydroenergy potential for the construction of small hydropower plants (SHPs), primarily in the rivers in the mountainous and sub-Carpathian parts of the region. More than half of this potential is concentrated in the Striy River basin (1,374.3 million kWh, 56%). The Svicha (433.7 million kWh, 18%) and Opir (412.3 million kWh, 17%) river basins also have substantial potential. The potential for other river basins amounts to up to 3%. However, due to the considerable ecological value of these rivers and the existence of Emerald Network sites, there are ecological constraints on their use. Consequently, it is almost impossible to utilize practically all rivers in the Striy and Opir basins for small hydropower purposes, despite their high overall hydroenergy potential.

Hydrological factors have a decisive influence on the development of green hydrogen energy, as electrolysis requires substantial amounts of water.

For other renewable energy facilities in the Lviv region, only hydrological emergencies could have a negative impact, and in the case of an ill-considered choice of power plant location, even a catastrophic one. The impact of the catastrophic flood that occurred in June 2020 on solar power plants in the Dniester River valley was analyzed. As a result of this flood, the solar power plant in the city of Halych, Ivano-Frankivsk region, was inundated. Similar station inundations can occur in the region.

The flat part of the Lviv region suffers considerable damage from technogenic floods, inundations, and waterlogging in the Chervonograd mining industrial region, which are caused by intensive subsidence of the earth's surface due to coal mining. When choosing a site for the construction of renewable energy facilities in the region, it is advisable to consider zones of potential flooding and waterlogging and locate stations beyond floodplains and low floodplain terraces of rivers. *Key words:* renewable energy, overall hydroenergy potential, hydrological emergencies, flood, inundation, ecological constraints.

Постановка проблеми. Для забезпечення стійкого розвитку енергетики в Україні все частіше обговорюють питання переходу від традиційного «брудного» виробництва електроенергії з використанням

викопного палива (вугілля, мазуту чи природного газу) на відновлювані джерела енергії.

Враховуючи наслідки масових підступних обстрілів росії по об'єктах енергетичної інфраструк-

тури України восени 2022 року, тимчасову окупацію або ведення активних бойових дій поруч з традиційними об'єктами енергетики у східних і південних областях, руйнування значних потужностей генерації, виникає потреба у диверсифікації та будівництві нових потужностей виробництва електроенергії в інших регіонах держави. Львівська область володіє високим потенціалом розвитку відновлюваних джерел енергії, зокрема щодо розвитку вітрової і малої гідроенергетики.

Актуальність дослідження. При виборі місця будівництва для об'єктів відновлюваної енергетики одним з важливих факторів виступають природні особливості території та екологічні обмеження, які можуть бути встановлені згідно чинного українського природоохоронного законодавства та міжнародних зобов'язань України. Навіть за умови високого рівня економічної доцільності будівництва об'єкта відновлюваної енергетики наявні екологічні обмеження (для прикладу в межах земель природно-заповідного фонду), таку діяльність здійснити неможливо. Водночас, слід врахувати значення гідрологічних чинників, зокрема, на будівництво та експлуатацію об'єктів відновлюваної енергетики у заплавах річок (за винятком малих гідроелектростанцій) через виникнення гідрологічних надзвичайних ситуацій, які можуть мати суттєвий негативний вплив на заплавні геосистеми.

Зв'язок авторського доробку із важливими науковими та практичними завданнями. У 2003 р. прийнято Закон України «Про альтернативні джерела енергії» [1], у якому вказано, що до цих джерел відносять сонячну, вітрову і малу гідроенергетику. Як перспективний напрям відновлюваної енергетики розглядають зелену водневу енергетику. У 2023 р. схвалено «Енергетичну стратегію України на період до 2050 року» [2], в якій зазначається, що головними цілями України є забезпечення максимального рівня кліматичної нейтральності, а також розвиток альтернативних джерел енергії [3].

У Львівській області станом на 2022 рік встановлено та функціонує 2 231 об'єкти відновлюваної енергетики загальної потужністю 431,96 МВт, зокрема 72 промислові сонячні електростанції (СЕС), три промислові вітрові електростанції (ВЕС), три малі гідроелектростанції (МГЕС) та 2 151 сонячна електростанція приватних домогосподарств (СЕСдг), а також два об'єкти біоенергетики (БіоЕС) [4].

Гідрологічні чинники у регіоні найбільше впливають на розвиток мережі МГЕС. Проте, мають визначальний вплив для інших об'єктів відновлюваної енергетики у разі розміщення цих об'єктів на низькій чи високій заплавах річок, зокрема під час прояву надзвичайних гідрологічних ситуацій (повеней, паводків, льодоходів тощо).

У статті проаналізовано вплив гідрологічних чинників на можливості розташування об'єктів відновлюваної енергетики у Львівській області.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Дослідженнями гідрологічних умов Львівської області та гідроенергетичного потенціалу річок області займалися науковці Львівського національного університету імені Івана Франка [5–8], Івано-Франківського національного технічного університету нафти і газу [9], Київського національного університету імені Тараса Шевченка [10], Інституту відновлюваної енергетики НАН України [11] та ін. Варто зазначити, що ефективно реалізують дослідження щодо техніко-економічних обґрунтувань будівництва об'єктів відновлюваної енергетики у Львівській області. Використано дані Львівської обласної державної (військової) адміністрації [4], а також джерела із інших українських та іноземних фахових видань.

Метою роботи є оцінювання впливу гідрологічних чинників на розвиток відновлюваної енергетики у Львівській області, а також визначення впливу надзвичайних гідрологічних ситуацій на вибір потенційних місць розміщення об'єктів для забезпечення максимальної ефективної роботи електростанції при мінімальному впливі на довкілля.

У попередніх статтях нами розглянуто особливості впливу геолого-геоморфологічних і кліматичних чинників на функціонування і розвиток об'єктів відновлюваної енергетики у Львівській області [12–14].

Новизна. Проаналізовано вплив гідрологічних чинників на розвиток об'єктів відновлюваної енергетики у Львівській області. На основі аналізу космознімків визначено потенційні зони підтоплення об'єктів відновлюваної енергетики у заплаві Дністра.

Методологічне значення. Для моделювання та аналізу впливу паводків на об'єкти відновлюваної енергетики використано космознімки *Sentinel-2 Level-2A* з роздільною здатністю 20 м. Ці зображення отримано з каталогу даних *Planetary Computer Sentinel-2 Level-2A*, який щодня оновлюється. На основі космознімків оцифровано межі русла річки Дністер в період активного паводку та звичне русло річки за умови середньої водності. Здійснено узагальнення зібраних геоданих та їхній аналіз та розглянуто гідрологічні чинники та їхній вплив на розвиток відновлюваної енергетики у Львівській області. Дослідження є важливим для визначення потенційних ділянок будівництва об'єктів відновлюваної енергетики з врахуванням гідрологічних чинників та екологічних обмежень.

Викладення основного матеріалу. У формуванні та подальшому розвитку мережі об'єктів відновлюваної енергетики у Львівській області важливу роль відіграють гідрологічні чинники, до яких відносять наявність поверхневих водних об'єктів, забезпеченість підземними водами та ймовірність виникнення гідрологічних надзвичайних ситуацій. Розглянемо детальніше для кожного із зазначених чинників та їх вплив на формування мережі об'єктів відновлюваної

енергетики у регіоні. Наявність поверхневих водних об'єктів має найбільший вплив на розвиток МГЕС, оскільки такі електростанції розміщені в межах русла річки, на греблях водосховищ тощо (табл. 1). У свою чергу наявність водних ресурсів у поверхневих чи підземних водозаборах є однією із важливих передумов розвитку зеленої водневої енергетики.

У разі розміщення об'єктів відновлюваної енергетики у заплавах річок ймовірний негативний вплив на навколишнє природне середовище під час прояву гідрологічних надзвичайних ситуацій, таких як повінь, паводок, льодохід тощо. У період маловоддя на МГЕС припустиме планове припинення роботи електростанції, аж до моменту забезпечення достатнього рівня води у річці. Для об'єктів біоенергетики водні ресурси необхідні для зрошення ділянок, де вирощуються енергетичні культури. Для біоустановок, які використовують для генерації теплової або електричної енергії використання води не передбачено технологічними процесами.

Детально розглянемо гідрологічні чинники і як він безпосередньо можуть впливати на об'єкти відновлюваної енергетики у Львівській області.

Поверхневі водні об'єкти. У межах Львівської області простягається Головний європейський вододіл, який розділяє річки Балтійського і Чорного морів. Загалом, у Львівській області нараховують 2 522 річки сумарною протяжністю 11 574,55 км, з яких понад половина (52 %) належить до басейну Дністра, 28 % – до басейну Західного Бугу, 12 % – басейну Сяну і 8 % до басейну Стира. Водночас, на території області налічується близько 30 озер, які головню використовують для риболовлі 20 водосховищ у басейнах Дністра (11), Західного Бугу (5) і Сяну (4) загальною площею водного дзеркала 3 288 га та понад 3 000 ставків, 54 % з них знаходяться у басейні Дністра [15, 16].

Перед початком будівництва об'єктів енергетики оцінюється їх потенціал. Оскільки, поверхневі водні об'єкти виступають важливим чинником у розвитку МГЕС, то для оцінювання гідроенергетичних ресурсів річки використовують показник гідроенергетичного потенціалу, який розраховують у кВт/год. на рік. Складовими такого потенціалу є природний (енергетичний еквівалент запасів гідравлічної енер-

гії у водних об'єктах для малої гідроенергетики), технічний (частина природного потенціалу з урахуванням соціально-екологічних умов) та економічний (частина технічного потенціалу, що економічно доцільний у певний час) потенціали [17]. Водночас виділяють екологічний (екосистемний) гідроенергетичний потенціал, що входить до загального гідроенергетичного та враховує виключення при розрахунку потенціалу ділянок річок, використання яких неможливо через значний негативний вплив на річкові екосистеми [18].

При розрахунку загального гідроенергетичного потенціалу (ЗГП) річок варто враховувати й екосистемний потенціал і послуги, які здатна надавати річка. Проте, через відсутність методик обчислення їхньої вартості складно виразити у грошовому еквіваленті. Серед екосистемних послуг варто виділити [19]:

- *забезпечувальні* (якісна питна вода, продукти сільськогосподарського виробництва, риба, будівельний пісок і гравій);
- *культурні* (спортивна риболовля, туризм та рекреація, естетична тощо);
- *регулюючі* (здатність до самоочищення, регулювання якості повітря, малий кругообіг води, сезонне зволоження заплавної екосистем тощо);
- *підтримуючі* (аерація води, забезпечення сезонної міграції для водних організмів, рівень ґрунтових вод, підтримання високого біорізноманіття гідробіонтів тощо).

Згідно з даними програми «Енергетичної стратегії України до 2050 року» гідроенергетичний потенціал у Львівській області становить близько 0,6 млрд кВт год, а загальна встановлена потужність перспективних МГЕС становить близько 148 МВт [2].

У Львівській області показники загального гідроенергетичного потенціалу річок залежать від географічного розташування річки, а найбільші показники властиві для гірських річок басейну Дністра із високим показником середнього багаторічного стоку. Потенціал карпатських приток Дністра сконцентрований у басейнах річок Стрий, Свіча, Опір, Стрв'яз, Бистриця-Тисменицька, Тисмениця і Колодниця.

У досліджуваному регіоні загальний гідроенергетичний потенціал становить 2 456,8 млн кВт·год

Таблиця 1

Вплив гідрологічних чинників на розвиток відновлюваної енергетики у Львівській області

| Гідрологічний чинник | Сонячна енергетика | Вітрова енергетика | Мала гідроенергетика | Біоенергетика | Зелена воднева енергетика |
|---|--------------------|--------------------|----------------------|---------------|---------------------------|
| Поверхневі водні об'єкти | – | – | + | +** | + |
| Підземні води | – | – | – | +** | + |
| Гідрологічні надзвичайні ситуації поверхневих вод | +* | +* | + | +* | +* |

* у разі розміщення об'єкта у заплаві річок;

** використання води для зрошення полів, де вирощуються енергетичні культури

[20]. Понад половину ЗГП припадає на басейн річки Стрий (1 374,3 млн кВт·год, 56 %). Значний потенціал припадає на басейни річок Свіча (433,7 млн кВт·год, 18 %) й Опір (412,3 млн кВт·год, 17 %). На басейни інших річок припадає до 3 % ЗГП (рис. 1).

Через природоохоронну цінність карпатських приток та інші екологічні обмеження, зокрема наявність об'єктів Смарагдової мережі будівництво МГЕС практично неможливе [21].

2) Підземні води. Для розвитку зеленої водневої енергетики у регіоні як альтернативний варіант водопостачання розглядаються підземні водоносні горизонти. У разі зрошення полів для вирощування енергетичних культур для потреб біоенергетики можливе використання води із підземних горизонтів, проте їх поширеність незначна через вигідне географічне положення області щодо кліматичних умов.

Львівська область розміщена у межах трьох гідрогеологічних одиниць [16]: гірськоскладчастої області Карпат, Передкарпатського і Волино-Подільського (найбільш забезпечений водами) артезіанських басейнів. Більшість прісних вод, які є джерелами водопостачання населених пунктів регіону приурочені до четвертинних відкладів. Найменш забезпеченими прісними водами є південні райони (колишні Турківський, Старосамбірський, Самбірський і Сколівський), найбільш забезпечені – північні і північно-східні райони області (колишні Сокальський, Бродівський і Золочівський райони).

Як альтернативний варіант водопостачання електролізерів для потреб зеленої водневої енергетики варто розглядати супутньо-пластові води, оскільки у межах Більче-Волицької зони Передкарпаття, де розробляють газові родовища, у технологічному

процесі підготовки свердловин викачуються значні обсяги високомінералізованої супутньо-пластової води, що не придатна для подальшого використання. Проте додаткове очищення цієї води потребує значних затрат для підприємств.

Гідрологічні надзвичайні ситуації. Близькість об'єктів відновлюваної енергетики і водних об'єктів не завжди має позитивний вплив на них, зокрема, це зумовлено високою ймовірністю виникнення надзвичайних ситуацій на водних об'єктах. Згідно ДК 019:2010 «Класифікатор надзвичайних ситуацій» до гідрологічних надзвичайних ситуацій належать [22]:

- надзвичайні ситуації, пов'язані з високим рівнем води (повінь, паводок);
- надзвичайні ситуації, пов'язані із затопленням;
- надзвичайні ситуації, пов'язані з маловоддям і посухою;
- надзвичайні ситуації, пов'язані із низьким рівнем води;
- надзвичайні ситуації, пов'язані із заторами, зажорами;
- надзвичайні ситуації, пов'язані із селем;
- надзвичайні ситуації, пов'язані із сходом снігових лавин;
- надзвичайні ситуації, пов'язана із раннім льодоставом та появою льоду на судноплавних водотоках та річках.

Розглянемо детальніше найпоширеніші гідрологічні надзвичайні ситуації, які зафіксовані у Львівській області та мали прямий або опосередкований вплив на об'єкти відновлюваної енергетики.

а) надзвичайні ситуації, пов'язані з високим рівнем води і затопленням. На всіх річках області спостерігається три підняття рівня води [15, 16]: весняна повінь,

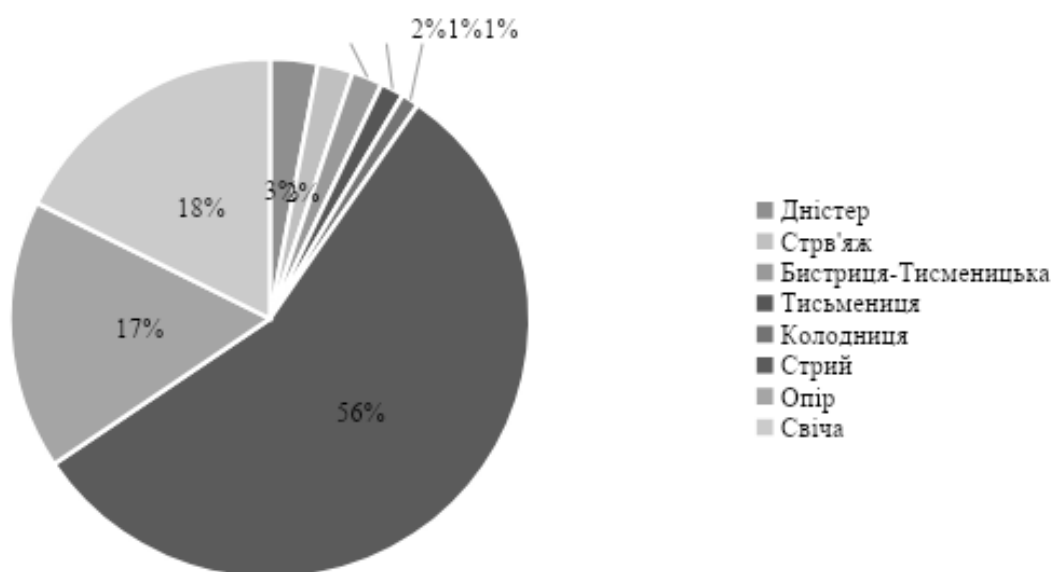


Рис. 1. Частка загального гідрологічного потенціалу басейнів карпатських приток Дністра у межах Львівської області (за даними [20])

спричинена таненням снігу (березень-квітень); літні паводки внаслідок випадання тривалих зливових опадів (червень-серпень); зимові підняття рівня води під час інтенсивних відлиг (грудень-лютий). Висока ймовірність виникнення гідрологічних надзвичайних ситуацій, які пов'язані з підняттям рівня води у басейнах річок Дністер, Стрий, Опір, Західний Буг, Нежухівка і Тисмениця, що зумовлені таненням льоду і снігу або випаданням зливових опадів.

Для аналізу впливу повеней і паводків на діючі об'єкти відновлюваної енергетики обрано чотири СЕС у заплаві річки Дністер (три – у Львівській області (Самбірські СЕС і СЕС-2, СЕС на гідровідвалі № 2 Роздільського ДГХП «Сірка») та одна – в Івано-Франківській області (СЕС на південний схід від Галича). Розглянемо наслідки виникнення гідрологічних надзвичайних ситуацій на прикладі паводку, який відбувся у червні 2020 р. Тоді дві станції у верхів'ї Дністра ледь не зазнали підтоплення, а СЕС у Галичі була повністю затоплена. Для моделювання впливу цього паводку на об'єкти сонячної енергетики використано космоснімки Sentinel-2 Level-2A за 25 червня 2020 р. (12.30 год.) з роздільною здатністю 20 м. На основі космоснімків оцифровано межі русла Дністра під час активного паводку та звичне русло річки за умови середньої водності у річці.

20–25 червня на річках Карпатського регіону України спостерігали високі дощові паводки з дуже небезпечними наслідками в межах Закарпатської, Івано-Франківської, Львівської, Тернопільської і Чернівецької областей. Найбільше від паводкових вод постраждала Івано-Франківська область, на яку припадає близько 80 % негативних наслідків паводку [23]. У верхів'ї Дністра паводок не був настільки катастрофічним, як у 2008 і 2010 роках.

Для аналізу потенційного підтоплення ділянок, де розташовані СЕС взято рівні води для гідрологічних постів, які найближчі до електростанцій, а також опрацьовано дані огляду погоди та стихійних гідрометеорологічних явищ за 2020 р. [23].

Поблизу із сонячними станціями Самбірські СЕС і СЕС-2 розташований гідрологічний пост р. Дністер – м. Самбір, де за багаторічними спостереженнями максимальний рівень води становив 740 см (паводок 2008 р.). Максимальний рівень води під час паводка у червні 2020 р. не перевищував 430 см. За таких умов ледь не потрапили у зону підтоплення Самбірські СЕС і СЕС-2. За умови підняття рівня води понад 500 см зростає ймовірність затоплення сонячних електростанцій, оскільки у межах їх розташування переважає рівнинний рельєф з незначним ухилом у бік річки (рис. 2а).

Для СЕС на гідровідвалі № 2 Роздільського ДГХП «Сірка» властива власна специфіка розташування, оскільки гідровідвал припіднятий над рівнем заплави Дністра. Найближчим до СЕС є гідрологічний пост на р. Дністер – смт. Розділ, на якому

максимальний рівень води паводка у червні 2020 р. не перевищував 390 см. За таких умов русло річки практично не зазнало змін у порівнянні із руслом за умови середньої водності у річці. За умови підняття рівня води до максимально фіксованого рівня води у річці 520 см (2008 р.) ймовірність затоплення сонячної станції відсутня, оскільки вона розташована на гідровідвалі з перевищенням над рівнем річки Дністер понад 10 м (рис. 2б).

Найближчим до СЕС у Галичі є гідрологічний пост на р. Дністер – м. Галич. Паводок у червні 2020 р. мав катастрофічні наслідки для міста та його околиць. Максимальний рівень води у р. Дністер під час паводку становив 750 м, проте цей показник нижчий, ніж під час паводку 2008 р. Розлив річки Дністер призвів до повного затоплення СЕС (рис. 3, 4).

Для північної частини Львівської області властиве затоплення і підтоплення територій через надзвичайні ситуації, пов'язані із підняттям рівня поверхневих і ґрунтових вод. Ці процеси зумовлені просіданням земної поверхні внаслідок активного підземного розроблення вугілля [24]. Так, у серпні 2006 р. у місті Червоноград через зливові опади у пониженнях і ділянках сповільненого місцевого стоку та підвищення рівня ґрунтових вод сталось підтоплення, зокрема житлових будинків та присадибних ділянок [16].

До слабо трансформованих територій внаслідок просідання земної поверхні відносять площі міст Червоноград, Соснівка і селища Гірник. Високі значення явищ просідання зафіксовано у долинах річок Західний Буг і Рата. Максимальні значення цих процесів спостерігають в межах шахтних полів ліквідованої шахти № 5 «Великомостівська» і шахти «Межирічанська», де місцями можуть перевищувати 3,2–3,5 м [25].

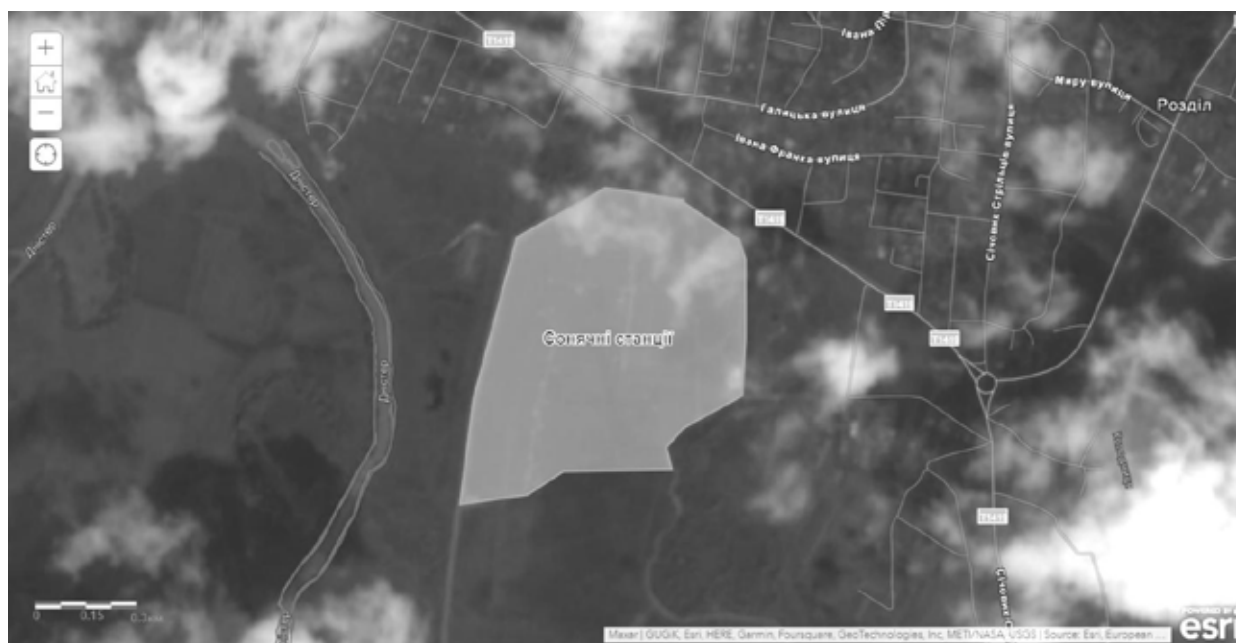
Б) надзвичайна ситуація, пов'язана із заторами, зажорами. Найяскравішим прикладом надзвичайної ситуації, яка пов'язана із затором був льодохід на р. Стрий у лютому 2010 р. Згідно з даними Державної служби з надзвичайних ситуацій, у період з 20 по 25 лютого 2010 р. велись роботи із звільнення русла річки на ділянці м. Турка – Явірська МГЕС, від льодового покриву, для того, щоб пропустити льодохід та не допустити створення заторів. Піротехніки вибуховим методом пробрили канал (рис. 5) [26].

Висновки. Пропонуємо на розгляд такі головні висновки:

1. Гідрологічні чинники відіграють важливу роль у функціонуванні та розвитку відновлюваної енергетики у Львівській області, зокрема наявність поверхневих водних об'єктів є головним чинником формування мережі МГЕС, а близькість водних об'єктів під час виникнення гідрологічних надзвичайних ситуацій може мати негативні, інколи катастрофічні, наслідки для окремих об'єктів відновлюваної енергетики у регіоні. Цей чинник відіграватиме важливе значення на розміщення об'єктів зеленої водневої енергетики у майбутньому.



а)



б)

Рис. 2. Межі паводку на річці Дністер на ділянках м. Самбір – с. Ралівка (а) і с. Крупсько – смт Розділ (б) (на основі дешифрування космознімків Sentinel-2 Level 2A від 25 червня 2020 р.)

2. Згідно з даними загального гідрологічного потенціалу для розміщення МГЕС найкращими ділянками є правобережні карпатські притоки Дністра, однак враховуючи природоохоронну цінність та екологічні обмеження, зокрема наявність об'єктів Смарагдової мережі, реалізація таких станцій практично неможлива [21]. Попри високий потенціал, ця діяльність матиме негативний вплив на річкові запливи і низькі надзаплавні тераси, а також екосистемні послуги, які надають водотоки.

3. Найоптимальнішими площами для розміщення об'єктів відновлюваної енергетики у досліджуваному регіоні вважаємо ділянки за межами заплави і першої надзаплавної тераси карпатських річок, а також території, які можуть потенційно підтоплені під час повеней і паводків. Важливо врахувати природоохоронні обмеження для водних об'єктів, що розміщені у Львівській області під час обґрунтування будівництва об'єктів відновлюваної енергетики.



а)



б)

Рис. 3. Наслідки паводку у районі м. Галич: а) русло р. Дністер за середньої водності; б) затоплення долини річки під час паводку (на основі космознімків Sentinel-2 Level 2A)



Рис. 4. Наслідки паводку на річці Дністер у м. Галич та околицях (Світлина: mvs.gov.ua)



а)



б)

Рис. 5. Льодовий покрив на р. Стрий: а) звільнення русла річки від льоду [26];
б) льодохід після підриву у верхньому б'єфі Явірської МГЕС [27]

Література

1. Про альтернативні джерела енергії: Закон України від 20 лютого 2003 р. № 555-IV. *Відомості Верховної Ради України*. 2003. № 24. ст. 155. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/555-15#Text>
2. Про схвалення Енергетичної стратегії України на період до 2050 року: Розпорядження Кабінету Міністрів України від 21 квітня 2023 р. № 373-р / Кабінет Міністрів України. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/373-2023-%D1%80#Text>
3. Енергетична стратегія / Міністерство енергетики України. URL: <https://www.mev.gov.ua/reforma/enerhetychna-stratehiya>
4. Новітні виклики для територіальних громад Львівської області в сфері ЖКГ. Діючі програми підтримки енергозберігаючих та енергоефективних заходів у Львівській області. URL: https://decentralization.gov.ua/uploads/attachment/document/1046/1.Новітні_виклики.pdf
5. Андрейчук Ю., Крута Н., Пилипович О. Річкова мережа. *Львівська область: природні умови та ресурси*: монографія / за заг. ред. д-ра геогр. наук, проф. М. М. Назарука. Львів: В-во Ст. Лева, 2018. 592 с.
6. Михнович А. Екологічні наслідки ліквідації невисоких дамб і спускання водосховищ. *Ресурси природних вод Карпатського регіону: Проблеми охорони та раціонального використання*: матер. 18-ої міжнарод. наук.-практ. конф. Львів: ЛВДЦНП, 2019. С. 88–95.
7. Михнович А., Химочка Г. Вплив на довкілля реалізації протипаводкових заходів на річці Дністер в районі м. Самбір (Львівська область). *Ресурси природних вод Карпатського регіону: Проблеми охорони та раціонального використання*: матер. 17-ої міжнарод. наук.-практ. конф. Львів: НУ «Львівська Політехніка», 2017. С. 46–55.
8. Пилипович О. В., Ковальчук І. П. Геоекологія річково-басейнової системи верхнього Дністра: монографія / за наук. ред. І. П. Ковальчука. Львів–Київ: ЛНУ ім. І. Франка, 2017. 284 с.
9. Адаменко О. Про причини та наслідки паводків у долині Дністра. *Вісн. Львів. ун-ту. Сер. геогр.* 2014. Вип. 48. С. 141–149. DOI: <http://dx.doi.org/10.30970/vgg.2014.48.1302>
10. Почасвець О. О., Розлач З. В. Паводки на річках басейну Стрия та їх вплив на морфологічні зміни русел. *Меліорація і водне господарство*. 2014. Вип. 101. С. 259–272. URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/Mivg_2014_101_32
11. Васько П. Ф., Мороз А. В. Потенціал використання гідроенергетичних ресурсів основних малих річок України. *Відновлювана енергетика*. 2016. № 3 (46). С. 50–56.
12. Лопушанська М. Р., Іванов Є. А. Вплив карстових процесів на об'єкти відновлюваної енергетики у Львівській області. *Сталий розвиток: захист навкол. середовища. Енергоощадність. Збалансоване природокористування: VIII-ий Міжнарод. молодіжн. конгрес.* Львів: НУ «Львівська політехніка», 2023. С. 93.
13. Лопушанська М. Р., Іванов Є. А. Кліматичні чинники та їхня роль у розвитку сонячної енергетики у Львівській області. *Екологічні науки*. 2022. № 6 (45). С. 54–59. DOI: <https://doi.org/10.32846/2306-9716/2022.eco.6-45.9>
14. Лопушанська М. Р., Іванов Є. А. Сейсмічні явища та їх вплив на розвиток відновлюваної енергетики у Львівській області. *Географічна освіта і наука: виклики і поступ*: матер. міжнарод. наук.-практ. конф. Львів: Простір-М, 2023. Т. 3. С. 61–65.
15. Геоекологія Львівської області: монографія / Ю. Андрейчук, Л. Безручко, В. Біланюк та ін. / за заг. ред. Є. Іванова. Львів: Простір-М, 2021. 606 с.
16. Львівська область: природні умови та ресурси: монографія / за заг. ред. д-ра геогр. наук, проф. М. М. Назарука. Львів: В-во Старого Лева, 2018. 592 с.
17. ДСТУ 7501:2014. Гідроенергетика. Гідроелектростанції малі. Терміни та визначення понять. URL: http://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page?id_doc=77817
18. Гідроенергетичний потенціал річок України: розвінчання міфів: аналіт. документ / Р. Б. Гаврилюк, Г. К. Веремійчик та ін. К.: Фенікс, 2018. 32 с.
19. Екосистемні послуги гірських річок Українських Карпат / О. Станкевич-Волосянчук, Р. Гаврилюк, В. Шаравара. Ужгород: РІК-У, 2019. 32 с.
20. Ободовський О., Данько К., Почасвець О., Ободовський Ю. Методика встановлення гідроенергетичного потенціалу річок (на прикладі річок Українських Карпат). *Вісн. Київ. націон. ун-ту ім. Т. Шевченка*. 2016. Вип. 1 (64). С. 5–12.
21. Ivanov Ye., Lopushanska M., Teslovych M. Environmental restrictions of planning the construction of renewable energy facilities in the Lviv region. *International Conference of Young Professionals «GeoTerrace-2022»* (October 3–5, 2022, Lviv, Ukraine). DOI: <https://doi.org/10.3997/2214-4609.2022590068>
22. Національний класифікатор. ДК 019:2010 «Класифікатор надзвичайних ситуацій» / Державний комітет України з питань технічного регулювання та споживчої політики. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/rada/show/va457609-10#Text>
23. Огляд погоди та стихійних гідрометеорологічних явищ на території України за 2020 рік. Дані Українського гідрометеорологічного центру загального користування / Єдиний державний веб-портал відкритих даних; Міністерство цифрової трансформації України. URL: <https://data.gov.ua/dataset/ec1c9a7d-643d-455d-836a-2e411e83da43>
24. Іванов Є., Ковальчук І., Лобанська Н., Терещук О. Аналіз структури землекористування і прояву небезпечних природно-антропогенних процесів в межах Львівсько-Волинського кам'яновугільного басейну за допомогою ГІС-технологій. *Наук. зап. Тернопіл. націон. педагог. ун-ту ім. В. Гнатюка. Сер.: Геогр. Спец. вип. Стале природокористування: підходи, проблеми, перспектива*. 2010. № 1 (Вип. 27). С. 182–189.
25. Іванов Є., Кобелька М. Сучасний стан та інтенсивність розвитку процесів просідання і підтоплення в межах Червоноградського гірничопромислового району. *Вісн. Львів. ун-ту. Сер. геогр.* 2006. Вип. 33. С. 112–121.
26. Кілька днів на Львівщині лунали потужні вибухи: то бійці спецзагону МНС із Дрогобича рятували від затоплення Турківський район. Державна служба України з надзвичайних ситуацій: офіційний сайт. URL: <https://dsns.gov.ua/news/ostanni-novini/13737>
27. Льодохід в Карпатах. Повінь. URL: <https://youtu.be/-zbZRsPHQXU>