

УДК 621.224-225.12; 621.311.2.21

ПЕРЕВАГИ І ПРОБЛЕМИ КІЛЬКІСНОГО РОЗВИТКУ МАЛОЇ ГІДРОЕНЕРГЕТИКИ ТА ШЛЯХИ ЇХ РОЗВ'ЯЗАННЯ

М. Г. Тарасенко, М. М. Зінь

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя
вул. Руська, 56, м. Тернопіль, 46001, Україна. E-mail: zinm@mail.ru

Ю. Б. Підгайний

Національний університет водного господарства та природокористування, м. Рівне
вул. Соборна, 11, м. Рівне, 33000. E-mail: pidgayniy@ukr.net

Наведено перелік і детальну оцінку переваг малої гідроенергетики над іншими підгалуззями альтернативної енергетики. Висвітлено проблеми, які можуть виникати під час спорудження малих ГЕС, а також розроблено конкретні детальні рекомендації для їх розв'язання. Наголошено на тому, що на сьогоднішній день мала гідроенергетика України може розвиватися переважно кількісним способом – шляхом спорудження великої кількості (до 10000) мікро- і мініГЕС одиначної потужності до 1000 кВт. Більшість означених гідроелектростанцій будуть належати до групи «мікроГЕС», тобто їх встановлена потужність не буде перевищувати 200 кВт. Це зумовлено жорсткими екологічними, соціальними, господарськими та економічними обмеженнями. Враховано також і те, що сучасна мала гідроенергетика в жодному випадку не повинна передбачати затоплення великих територій для збільшення напорів і потужностей малих ГЕС і утворення водосховищ – акумуляторів води. Зроблено висновок, що на сьогоднішній день мала гідроенергетика України є високоприбутковим, високорентабельним і швидкоокупним приватним малим бізнесом з великими можливостями і перспективами.

Ключові слова: мала гідроенергетика, переваги, проблеми розвитку.

ПРЕИМУЩЕСТВА И ПРОБЛЕМЫ КОЛИЧЕСТВЕННОГО РАЗВИТИЯ МАЛОЙ ГИДРОЭНЕРГЕТИКИ И ПУТИ ИХ РЕШЕНИЯ

М. Г. Тарасенко, М. М. Зінь

Тернопольский национальный технический университет имени Ивана Пулюя
ул. Руська, 56, г. Тернополь, 46001, Украина. E-mail: zinm@mail.ru

Ю. Б. Підгайний

Национальный университет водного хозяйства и природопользования, г. Ровно
ул. Соборна, 11, г. Ровно, 33000, Украина. E-mail: pidgayniy@ukr.net

Приведены перечень и подробная оценка преимуществ малой гидроэнергетики над другими отраслями альтернативной энергетики. Освещены проблемы, которые могут возникать во время организации строительства малых ГЭС, а также разработаны конкретные детали рекомендации для их решения. Отмечено, что на сегодняшний день малая гидроэнергетика Украины может развиваться преимущественно количественным способом – путем сооружения большого количества (до 10000) микро- и миниГЭС единичной мощностью до 1000 кВт. Большинство указанных гидроэлектростанций будут относиться к группе «микроГЭС», т.е. их установленная мощность не будет превышать 200 кВт. Это обусловлено жесткими экологическими, социальными, хозяйственными и экономическими ограничениями. Учтено также и то, что современная малая гидроэнергетика ни в коем случае не должна предусматривать затопления больших территорий с целью увеличения напоров и мощностей малых ГЭС и образования водохранилищ – аккумуляторов воды. Сделан вывод, что на сегодняшний день малая гидроэнергетика Украины является высокодоходным, высокорентабельным и быстро окупаемым частным малым бизнесом с большими возможностями и перспективами. Результаты исследования могут быть использованы не только в Украине, но и за ее пределами.

Ключевые слова: малая гидроэнергетика, преимущества, проблемы развития.

АКТУАЛЬНІСТЬ РОБОТИ. В Україні та світі стрімко розвивається альтернативна енергетика. У 2013 році частка електроенергії з альтернативних джерел (АД) (вітер, сонце, біомаса, вода, але лише у випадку її використання за допомогою малих ГЕС) в загальному обсязі її виробництва в Україні зросла з 0,32 до 0,64 %.

Виробництво електроенергії електростанціями на відновлюваних джерелах енергії, за винятком великих гідроелектростанцій, у 2013 році зросло в Україні в два рази порівняно з 2012 роком. У кількісному вираженні – на 608,4 млн кВт·ч/год і досягнуло значення 1,247 млрд кВт·ч/год.

Великі гідроелектростанції (без урахування гідроаккумуляційних електростанцій – ГАЕС) у 2013 році збільшили вироблення електроенергії на 31,3 % (на 3,2259 млрд. кВт·ч/год) – до 13,5437 млрд

кВт·ч/год. При цьому їх частка в загальному обсязі виробництва зросла з 5,2 до 7 %. Настільки стрімке зростання вироблення електроенергії гідроелектростанціями можна пояснити тим, що 2013 рік був значно вологішим, ніж попередній 2012 рік.

Україна має зобов'язання перед Європейським енергетичним співтовариством – до 2020 року збільшити частку відновлюваних джерел (ВД) в енергобалансі до 11 %. За підсумками кліматично сприятливого 2013 року ми маємо лише 7,64 %. Як бачимо, роботи є ще дуже багато. У досягненні запланованої частки великі надії покладаються на малу гідроенергетику як одну з підгалузей альтернативної енергетики. На теперішній час у нашій країні законодавчо закріплена наступна термінологія:

$$BE = AE + BGE,$$

тобто відновлювальна енергетика (*BE*) – це альтернативна енергетика (*AE*) плюс велика гідроенергетика (*BGE*), але без урахування ГАЕС. В Україні до великих ГЕС відносять станції, встановлена потужність яких перевищує 10 МВт. Велика ГЕС найменшої потужності – Теребле-Рікська – знаходиться в Закарпатській області і має встановлену потужність 27 МВт.

Мала гідроенергетика наділена в Україні державною підтримкою у вигляді досить суттєвих тарифних і податкових пільг. Вона має багатий історичний досвід і характеризується простотою технологічного процесу. Незважаючи на зазначені переваги, ця галузь є дуже специфічною та складною з точки зору подальшого розширення. Тому мала гідроенергетика розвивається в Україні з великими труднощами і дуже повільно. Можливий лише кількісний, а не якісний її розвиток. З урахуванням обмежень різного характеру в Україні можна спорудити скоріше велику кількість мікро- та мініГЕС потужності до 1000 кВт включно, а не малу кількість малих ГЕС потужності від 1 МВт до 10 МВт включно.

Для розвитку малої гідроенергетики, необхідно вишукувати майданчики, які б були придатні для спорудження об'єктів малої гідроенергетики. На кожному з таких майданчиків можна звести мікро-, міні- або малу ГЕС лише певної, строго обмеженої потужності. В той час як повітряні (ВЕС) і сонячні (СЕС) електростанції таких жорстких обмежень не мають. Практично будь-яка земельна ділянка певної площі на рівнині або на південному схилі підходить для спорудження там СЕС відповідної потужності. Іншими словами, потужність сучасних СЕС або ВЕС залежить переважно від площ земельних ділянок або акваторій морів, на яких вони розташовані.

Аналіз стану справ в даному напрямку в Україні показав, що питання пошуку і визначення потенційних можливостей існуючих майданчиків для спорудження об'єктів малої гідроенергетики опрацьоване недостатньо. Відсутня чітка методика проведення подібного виду робіт, що значною мірою й обумовлює низькі темпи розвитку малої гідроенергетики в нашій державі. Потенційні інвестори не володіють достатньою кількістю інформації (з причини її відсутності) про переваги і проблеми галузі та шляхи їх розв'язання. Відтак окреслення і систематизація переваг малої гідроенергетики, ефектів, які вони забезпечують, проблем кількісного розвитку галузі та шляхів їх вирішення є актуальним завданням, розв'язанню якого присвячується означена стаття.

Мета роботи – висвітлити і систематизувати позитивні та негативні аспекти малої гідроенергетики як однієї з підгалузей альтернативної енергетики, а також відшукати і запропонувати конкретні шляхи подолання перешкод, які можуть виникати під час упровадження інвестиційних проектів у цій сфері.

МАТЕРІАЛ І РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ. Багато вітчизняних і зарубіжних інвесторів прагнуть вкладати кошти в альтернативну енергетику України. Цю підгалузь енергетики підтримували і продовжують підтримувати всі уряди нашої країни з часу здобуття державної незалежності у 1991 році. Спочатку були лише слова. Згодом, починаючи з 2009

року, почала діяти непряма державна фінансова підтримка підгалузі у вигляді тарифних, а пізніше і податкових пільг. Ця підтримка, як і належить, законодавчо поширюється і на майбутнє – на період до 2030 року. Але завжди необхідно робити вибір – яку саме підгалузь альтернативної енергетики вибрати для інвестування?

Альтернативну енергетику можна поділити на дві групи: безпаливна і паливна. *Безпаливна* альтернативна енергетика базується на використанні енергії навколишнього природного середовища – насамперед вітру, сонця і води. В останньому випадку – за умови, що встановлена потужність окремо взятої гідроелектростанції не перевищує 10 МВт, тобто лише для міні-, мікро- або малих ГЕС. *Паливна* альтернативна енергетика – це коли для вироблення електроенергії застосовують паливо рослинного чи тваринного походження – біомасу або біогаз – тобто все те, що горить і не видобувається безпосередньо чи опосередковано з під землі.

Міні-, мікро- та малі ГЕС є екологічно безпечними об'єктами. Їхня робота не супроводжується викидами в атмосферу, воду і ґрунт шкідливих речовин. Також вони повинні проектуватися таким чином, щоб не створювати жодних незручностей мешканцям прилеглих будинків, місцевим жителям, туристам і відпочивальникам у прилеглих рекреаційних зонах. Ці станції потрібно оснащувати високоякісним і високоефективним обладнанням, у якого рівень шуму в процесі експлуатації був би мінімально можливим. Для цього під час компоновки гідроагрегатів не рекомендується застосовувати *мультиплікатори* (підвищувальні редуктори) із зубчастими колесами.

У пояснювальній записці до проекту Закону України «Про внесення змін до Закону України «Про електроенергетику» (щодо стимулювання виробництва електроенергії з альтернативних джерел енергії) від 24.02.2012 р. наголошується на тому, що сучасна мала гідроенергетика є одним з найперспективніших напрямків розвитку відновлювальних джерел енергії, оскільки вона не спричиняє негативного впливу на навколишнє природне середовище, забезпечує збереження природних ландшафтів, може сприяти вирішенню проблеми паводків та підтоплення тощо. Очевидною перевагою малої гідроенергетики є те, що вона не залежить від погодних умов і здатна забезпечити безперебійне постачання електроенергії споживачам.

Мала гідроенергетика сприяє зміцненню енергетичної незалежності нашої держави і покращенню стану навколишнього природного середовища. Якщо буде працювати більша кількість міні-, мікро- і малих ГЕС, то на ТЕС України буде спалюватися менше вугілля та імпортного природного газу й відтак будуть меншими викиди CO₂ та інших шкідливих речовин в атмосферу, а в результаті роботи АЕС України будуть менш інтенсивно спрацьовуватися ТВЕЛі (елементи, що виділяють тепло) і внаслідок цього матиме місце утворення меншої кількості шкідливих радіоактивних відходів.

Означене наукове дослідження є продовженням робіт авторів статті за цією тематикою [2, 3]. До

нашої уваги бралася також велика кількість подібних наукових праць вітчизняних і зарубіжних авторів, зокрема, [1, 4–9], однак вони не дають чітких відповідей на питання, які розглядаються в цій статті.

У табл. 1 наведено вісім головних переваг малої гідроенергетики та розкрито ефекти, які забезпечує кожна з них. Інформація, яку наведено в цій таблиці, свідчить про те, що мала гідроенергетика за багатьма техніко-економічними й іншими критеріями вигідно відрізняється від інших підгалузей безпали-

вної альтернативної енергетики. На наш погляд, основними перевагами цієї підгалузі є можливість забезпечення практично безперервного вироблення електроенергії, вищого *коефіцієнта корисної дії* основного обладнання, а також вищого *коефіцієнта використання первинної енергії* в процесі експлуатації гідросилових енергоустановок. Зазначені переваги можуть мати вирішальне значення під час прийняття рішень щодо інвестування тієї чи іншої підгалузі альтернативної енергетики.

Таблиця 1 – Переваги малої гідроенергетики над іншими підгалузями альтернативної енергетики – сонячною та вітряною – й ефекти, які вони забезпечують

№ з/п	Назва переваги	Опис переваги	Ефект, який забезпечує перевага
1	2	3	4
1	Наявність історичних традицій	Використання гідроенергії для вироблення механічної й електричної енергій має в Україні давні історичні традиції. Заслужує великої уваги, наприклад, те, що в середині ХХ століття в Україні діяло понад 3000 гідроустановок. Звідси випливає, що мала гідроенергетика не є чимось новим для нашої країни. Потрібно лише відновити всі ці гідроустановки згідно з останніми досягненнями науки і техніки, а також за необхідності дооснастити їх технікою, яка дозволить ефективно виробляти електричну енергію.	Збір і опрацювання інформації про місця розташування водяних млинів і малих ГЕС, які діяли в Україні в 40-60-х роках ХХ століття і які на сьогоднішній день залишаються закинутими, зруйнованими чи переобладнаними під інші потреби, спрощує пошук майданчиків для інвесторів, які бажають вкласти кошти в розвиток малої гідроенергетики з тим, щоб на цих майданчиках успішно запрацювали сучасні висококоєфективні малі ГЕС.
2	Забезпечує збереження природних ландшафтів	Малі ГЕС, на відміну від ВЕС і СЕС, є дуже компактними спорудами. Вони у переважній більшості випадків гармонічно вписуються в місцеві природні ландшафти, навіть змінюючи їх у деяких проєктах в кращу сторону.	Місцеве населення вітає спорудження малих ГЕС на своїй території. Мала ГЕС не подразнює людей своїм виглядом так, як, скажімо, сучасна промислова ВЕС, коли 50-ти метрові лопаті її установок повертаються, створюючи при цьому неприємний низькочастотний шум. Малі ГЕС не займають таких великих територій, як, наприклад, сучасні промислові мультимегаватні СЕС, які так само, як і ВЕС, є абсолютно недоречними у будь-якому природному ландшафті.
3	Вищий коефіцієнт використання встановленої потужності	Коефіцієнт використання встановленої потужності K_n малих ГЕС значно перевищує аналогічний показник ВЕС і СЕС. Для правильно спроектованої малої ГЕС, яка працює <i>паралельно з Об'єднаною енергетичною системою України і в режимі водотоку</i> , він становить не менше 50–60%. Це обумовлено відносно високою стабільністю гідроенергії: вода у річках тече постійно протягом року. Її витрата, правда, коливається – вона залежить насамперед від погодних умов. Але мінімальна розрахункова витрата води крізь агрегати малих ГЕС, як правило, забезпечується протягом 90% річного обсягу часу (329 діб за один рік).	Обладнання, яке встановлене на малій ГЕС, використовується ефективніше, ніж обладнання ВЕС або СЕС: 1 кВт встановленої потужності малої ГЕС, за рахунок більшого значення K_n , виробляє більше електроенергії, ніж 1 кВт встановленої потужності ВЕС або СЕС. Відношення реальної продуктивності малої ГЕС за один рік до її максимально можливої продуктивності за цей же час є більшим у порівнянні з аналогічним експлуатаційним показником СЕС або ВЕС.

Продовження табл. 1

1	2	3	4
4	Вищий коефіцієнт завантаження за часом	Коефіцієнт завантаження за часом K_t малих ГЕС значно перевищує аналогічний показник ВЕС і СЕС. Мала ГЕС, яка оснащена щонайменше двома гідроагрегатами, може виробляти електроенергію практично безперервно (8760 годин на рік), тобто для неї $K_t=100$ %. Це пов'язано з тим, що більшість річок в Україні не пересихають в посушливі періоди року, хоча й мають місце значні сезонні коливання витрати води у них. ВЕС простоє, якщо вітер відсутній або його швидкість є нижчою від деякого мінімального значення (наприклад, 3 м/с), а СЕС не генерує електроенергію в темний період доби (уночі). Якщо мала ГЕС оснащена лише одним гідроагрегатом, який зазвичай потребує періодичного ремонту та обслуговування, то її $K_t=90-100$ %. За умови наявності підключеного електричного навантаження присутність двох або більше гідроагрегатів на малій ГЕС гарантує безперервність її роботи: якщо, наприклад, один з гідроагрегатів зупинено на ремонт, інший (-і) – працює (-ють).	Обладнання, яке встановлене на малій ГЕС, використовується ефективніше, ніж обладнання ВЕС або СЕС. У цьому випадку з тієї причини, що основне обладнання малої ГЕС більше часу працює і менше часу простоє порівняно з аналогічним обладнанням СЕС або ВЕС.
5	Вищий коефіцієнт корисної дії	Коефіцієнт корисної дії (ККД) малої ГЕС вищий порівняно з аналогічним показником ВЕС або СЕС (ККД малої ГЕС становить приблизно 80 %, ВЕС – 30 %, СЕС – 12 %).	Обладнання, яке встановлене на малій ГЕС, використовується ефективніше, ніж обладнання ВЕС або СЕС. У цьому випадку з тієї причини, що за <i>номінального</i> навантаження малої ГЕС частка гідроенергії води, яка перетворюється в електроенергію, є більшою, ніж частка енергії вітру чи частка електромагнітної енергії сонячного випромінювання, яка перетворюється в електроенергію на ВЕС або СЕС за їх <i>номінального</i> навантаження.
6	Менші питомі капіталовкладення	Питомі капіталовкладення в малу гідравлічну енергетику в переважній більшості випадків нижчі, ніж у сонячну та вітряну. Це пояснюється відносно високою концентрацією гідравлічної енергії: потік води, який протікає крізь гідротурбіну низьконапірної малої ГЕС і поперечний переріз якого становить 1 м ² , містить орієнтовно в 100–500 разів більше енергії, ніж аналогічний за поперечним перерізом потік вітру чи сонячного випромінювання. Крім того, коефіцієнт використання цієї енергії малою ГЕС – найвищий (приблизно 75–80 %). З зазначеного випливає, що обладнання малих ГЕС має менші масогабаритні показники з розрахунку на 1 кВт встановленої потужності у порівнянні з обладнанням ВЕС і СЕС, і, відповідно, меншу питому вартість.	Вкладати кошти в малу гідроенергетику можуть навіть малі інвестори, приватні малі підприємства і фізичні особи-підприємці, тому що в цій підгалузі альтернативної енергетики 1 кВт встановленої потужності – найдешевший, а віддача від нього – найвища.

Продовження табл. 1

1	2	3	4
7	Вищі питомі доходи	Вищі питомі доходи зумовлені тим, що 1 кВт встановленої потужності малої ГЕС дає більшу віддачу з огляду вироблення електроенергії у порівнянні з ВЕС або СЕС. Причини цього наступні: малі ГЕС характеризуються вищими K_n , K_t і ККД (див. пп. 2–4 цієї таблиці).	Мала ГЕС за 1 рік виробить більше електроенергії, ніж ВЕС або СЕС аналогічної потужності. Відповідно, за умови однакового тарифу на вироблену енергію мала ГЕС дасть більший <i>річний дохід від продажу електроенергії</i> , ніж ВЕС або СЕС аналогічної потужності. Діючі на цей час в Україні <i>диференційовані «зелені» тарифи</i> на електроенергію, що вироблена з використанням різних альтернативних джерел, трохи нівелюють цю перевагу малих ГЕС, але не настільки, щоб мала гідроенергетика була в програші. Отже, 1 кВт встановленої потужності в малій гідроенергетиці забезпечує найвищу економічну віддачу у порівнянні з іншими підгалузями альтернативної енергетики.
8	Менший період окупності капіталовкладень	Період окупності капіталовкладень в малу гідроенергетику на сьогодні здебільшого нижчий у порівнянні з аналогічним показником для інших відомих підгалузей альтернативної енергетики. Це пояснюється меншими питомими капіталовкладеннями і більшим річним виробництвом електроенергії з розрахунку на 1 кВт встановленої потужності.	Вкладати кошти в малу гідравлічну енергетику менш ризиковано, ніж у сонячну або вітряну. Це пов'язано з тим, що у випадку малої ГЕС потрібно менше часу для того, щоб всі кошти, які були витрачені на проект, повернулися їх власнику за рахунок доходів від продажу виробленої на цій станції електроенергії. Крім того, у випадку залучення кредиту витрати на повернення відсотків будуть нижчими завдяки можливості погашення цього кредиту протягом меншого проміжку часу.

У табл. 2 висвітлено 10 основних проблем, які можуть виникати під час спорудження малих ГЕС, а також запропоновано конкретні детальні рекомендації щодо їх вирішення за умови наявності таких можливостей.

дації щодо їх вирішення за умови наявності таких можливостей.

Таблиця 2 – Організаційно-технічні проблеми, що можуть виникати під час спорудження малих ГЕС, та шляхи їх розв'язання

№ з/п	Назва проблеми	Опис проблеми	Шляхи розв'язання проблеми
1	2	3	4
1	Особливості місцезнаходження малих ГЕС	Місцезнаходження малих ГЕС жорстко прив'язане до водних об'єктів (річок, ставків та ін.).	Шляхи розв'язання проблеми відсутні. Спорудження малих ГЕС поза водними об'єктами неможливе.
2	Водоохоронні зони	В Україні кожна річка має водоохоронну зону, де з екологічних міркувань заборонено займатися промисловим виробництвом. До неї, крім самої річки, входять обидва її береги. Загальна ширина зазначеної зони залежить від річки та її конкретної ділянки. Наприклад, ширина водоохоронної зони р. Серет у м. Тернополі (без урахування ширини самої річки) становить 100 м.	Виведення земельної ділянки, на якій має бути розташована мала ГЕС, з приналежності до водоохоронної зони.
3	Рекреаційні зони	Прилеглі до річок території дуже часто є рекреаційними зонами, де з соціальних міркувань заборонено здійснювати будь яку господарську діяльність.	Виведення земельної ділянки, на якій має бути розташована мала ГЕС, з приналежності до рекреаційної зони.

Продовження табл. 2

1	2	3	4
4	Національні природні парки та інші природоохоронні зони	Дуже часто річки протікають територіями національних природних парків та інших природоохоронних зон, де з екологічних міркувань законодавство забороняє займатися гідроенергетикою.	Виведення земельної ділянки, на якій має бути розташована мала ГЕС, з приналежності до національного природного парку чи іншої природоохоронної зони.
5	Ґрунтові води	Зазвичай поблизу річок розташовані населені пункти. З економічних міркувань спорудження малої ГЕС часто потребує підняття рівня води на певній ділянці річки на один, два або навіть більше метрів. Це може спричинювати підвищення рівня ґрунтових водних горизонтів і, внаслідок цього, призводити до повного чи часткового затоплення підвальних приміщень в прилеглих приватних домогосподарствах, громадських спорудах або будівлях іншого призначення.	<p>1. Надання матеріальних або фінансових компенсації населенню, яке може зазнати збитків чи незручностей, у тому числі для його переселення</p> <p>2. Перенесення майданчика під будівлю малої ГЕС в інше місце, навіть якщо воно з економічних міркувань є менш вигідним</p> <p>3. Зменшення розрахункового рівня води у верхньому б'єфі та втілення таких проектних рішень в робочому проекті малої ГЕС, які на 99 % будуть забезпечувати гарантію його непідняття під час експлуатації малої ГЕС.</p>
6	Весняні повені та літні паводки	У верхньому б'єфі малої ГЕС з економічних міркувань підтримують якомога вищий рівень води. Якщо до цього б'єфу прилягає забудована і заселена місцевість, підвищуються ризики її затоплення під час весняних повеней і літніх паводків з причини зменшення тієї частини площі поперечного перерізу русла річки, що не заповнена водою. Аналогічно зростають ризики затоплення територій іншого господарського призначення – присадибних ділянок, сільгоспугідь, пасовищ, сіножатей та ін.	<p>1. Надання матеріальних або фінансових компенсації населенню, яке може зазнати збитків чи незручностей, у тому числі для його переселення.</p> <p>2. Перенесення майданчика під будівлю малої ГЕС в інше місце, навіть якщо воно з економічних міркувань є менш вигідним.</p> <p>3. Регулярне розчищення русла річки у верхньому б'єфі – не рідше ніж один раз на 5 років, або навіть частіше у випадках прискореного замулення. Виконання заходів 3, 4 і 5 повинно здійснюватися <i>комплексно</i>.</p> <p>4. Зменшення рівня води у верхньому б'єфі до певного мінімуму у випадках загроз наводнення під час експлуатації малої ГЕС. Виконання заходів 3, 4 і 5 повинно здійснюватися <i>комплексно</i>.</p> <p>5. Втілення таких проектних рішень в робочому проекті малої ГЕС, які на 99 % будуть забезпечувати гарантію виконання пункту 4 (попереднього) протягом певного обмеженого проміжку часу. Виконання заходів 3, 4 і 5 повинно здійснюватися <i>комплексно</i>.</p>
7	Екологічні та соціальні загрози	У гірській місцевості під час спорудження малих ГЕС дуже часто з економічних міркувань застосовують <i>трубну деривацію</i> . Це загрожує частковим або повним спустошенням великих ділянок (до декількох кілометрів) основних русел річок, і, відповідно, важкими екологічними і соціальними наслідками: зникненням звичної для тієї чи іншої місцевості річкової флори і фауни, зменшенням туристичної привабливості місцевості, зникненням звичних місць водопою та купання свійських тварин і птиці тощо	Застосування трубної деривації під час спорудження малих ГЕС потрібно дуже детально узгоджувати з усіма зацікавленими сторонами, насамперед з місцевими громадами і екологами. Навіть одна людина, яку не влаштовує спорудження трубної дериваційної малої ГЕС, повинна мати право «вето» на блокування рішення щодо її спорудження. У випадку блокування екологами та місцевим населенням спорудження дериваційної ГЕС необхідно застосувати в якості компромісного варіанту дорожчу каналну деривацію. При цьому підуть на певні поступки всі сторони конфлікту, а виграє потрібна справа – мала гідроенергетика.

Продовження табл. 2

1	2	3	4
8	Індивідуальність проектів малих ГЕС	Проекти малих ГЕС – незалежно від дати їх розроблення – суттєво відрізняються один від одного. Вони характеризуються яскраво вираженими індивідуальними особливостями. На проекти у сфері малої гідроенергетики впливають геологія, гідрологія й геодезія місцевості, величина напору води на гідроспорудах ГЕС, наявність та особливості розташування населених пунктів, сільгоспугідь та багато інших чинників. Усе це є причиною високої вартості проектних робіт у сфері малої гідроенергетики.	В Україні потрібно створити проектну організацію, яка б протягом стислого періоду часу – за 3–5 років – розробила робочі проекти всіх можливих мікро- і мініГЕС для всіх регіонів України. Спочатку – мікро- і мініГЕС потужністю 60–1000 кВт, пізніше – мікроГЕС потужністю 10–60 кВт. Це дозволило б уникнути великої кількості можливих помилок під час проектування, здешевити вартість проектів (завдяки замовленню великої їх кількості), створити «банк проектів малих ГЕС» (де кожен інвестор міг би відносно дешево придбати собі проект малої ГЕС за уподобанням і можливостями), зекономити дорогоцінний час багатьох фахівців і прискорити розвиток малої гідроенергетики в Україні.
9	Обмеженість потужності об'єктів малої гідроенергетики діючим законодавством	Малі ГЕС мають обмежену встановлену потужність – не більше 10000 кВт на один окремих об'єкт. Відповідно, обмежене виробництво електроенергії і обмежені прибутки з її продажу. Більше того, якщо в Україні на сьогодні цілком реально знайти майданчик для спорудження мікроГЕС потужності до 200 кВт, то для малої ГЕС потужності понад 1000 кВт знайти відповідне місце практично неможливо. З величезними труднощами ще можна вийти на потужність від 200 до 500 кВт, і порівняно набагато важче – на продуктивність в діапазоні від 500 до 1000 кВт.	Для розширення бізнесу у сфері малої гідроенергетики необхідно збільшувати кількість малих ГЕС, а не їх <i>одиничну потужність</i> .
10	Обмеженість потужності об'єктів малої гідроенергетики гідрологічними та геодезичними характеристиками водотоку (річки)	В певному конкретному місці можна спорудити малу ГЕС лише певної, строго обмеженої потужності. Основні обмеження – середньорічна витрата води у річці і максимально можливий перепад рівнів води (<i>напір</i>) на гідроспорудах ГЕС, якого вдається досягнути за умови ненанесення збитків природі та населенню, що проживає поблизу. Для порівняння, потужність СЕС або ВЕС обмежується в основному лише площами територій, на яких вони розташовані.	Шляхи розв'язання проблеми відсутні з тієї причини, що території, які прилягають до річок, дуже часто використовуються для проживання людей і ведення ними різноманітної господарської діяльності. Як відомо, річки мають комплексне народногосподарське значення, а гідроенергетика у рейтингу їх господарської значущості знаходиться не на першому місці. Тобто на сьогоднішній день не існує можливості підвищувати рівні води у верхніх б'єфах малих ГЕС з метою збільшення <i>напорів</i> й відповідно потужностей цих станцій, затоплюючи тим самим величезні площі родючих земель чи інших життєво важливих для певних громад територій. Відтак, як і в попередньому випадку, для розширення бізнесу у сфері малої гідроенергетики необхідно збільшувати <i>кількість</i> малих ГЕС, а не їх <i>одиничну потужність</i> .

Інформація, яку наведено в табл. 2, свідчить про те, що мала гідроенергетика у своєму розвитку стикається з багатьма специфічними проблемами. На наш погляд, основною проблемою розширення цієї підгалузі альтернативної енергетики є те, що для досягнення зазначеної мети потрібно здійснювати

пошук великої кількості майданчиків для спорудження малих ГЕС, а потім дуже скрупульозно опрацьовувати проекти цих станцій з тим, щоб у майбутньому досягати максимальної їх продуктивності за умови незацеплення життєво важливих інтересів місцевих громад та інших зацікавлених

сторін. Таким чином, на теперішній час в Україні вже не існує реальної можливості для створення порівняно малої, але достатньої кількості відносно великих одиничних генеруючих потужностей малої гідроенергетики – цей потенціал в основному вже вичерпаний. Залишаються можливості лише для спорудження великої кількості відносно малопотужних об'єктів малої гідроенергетики, розосереджених на всій території нашої країни. Тобто на сьогодні мова може йти переважно про кількісний розвиток цієї галузі. Якість малих ГЕС також можна і потрібно буде підвищувати, але *не за рахунок багатократного збільшення їхньої встановленої потужності* відносно деякого, прийнятного для всіх зацікавлених сторін, значення. Це вигідно переважній більшості зацікавлених сторін – споживачам електроенергії, державі і суспільству. Невигідно, деякою мірою, лише виробникам електроенергії за допомогою малих ГЕС. Але натомість держава надає їм непрямі фінансові компенсації у вигляді суттєвих тарифних і податкових пільг. Тому сьогодні мала гідроенергетика України – галузь, яка має великий потенціал, можливості і перспективи для свого подальшого розвитку.

ВИСНОВКИ. 1. Аналіз публікацій за тематикою статті показав, що на сьогоднішній день мотивування розвитку малої гідроенергетики як однієї з підгалузей безпаливної альтернативної енергетики висвітлене недостатньо повно. Відтак детально систематизовано й обґрунтовано позитивні та негативні аспекти цієї підгалузі порівнян з основними альтернативними напрямками розвитку – сонячною і вітряною енергетикою.

2. У табличній формі детально наведено беззаперечні техніко-економічні переваги малої гідроенергетики над іншими підгалузями безпаливної альтернативної енергетики, а також вказано конкретний (-і) ефект (-и), який (-и) забезпечує та чи інша перевага. В контексті зазначеного можна зробити загальний висновок, що сучасні малі ГЕС – це високоефективні і компактні енергоустановки відносно невеликої та строго обмеженої потужності, які можуть безперервно забезпечувати електроенергією споживачів і мають найвищі техніко-економічні показники порівняно зі станціями-«конкурентами», що використовують для своєї роботи не воду, а інші відновлювані джерела енергії.

3. У табличній формі детально наведено організаційно-технічні проблеми, які виникають під час спорудження малих ГЕС, та шляхи їх розв'язання. Ці проблеми полягають насамперед у тому, що існують жорсткі об'єктивні технічні обмеження максимально можливої встановленої потужності малої ГЕС у кожному конкретному окремо взятому місці того чи іншого водотоку. До технічних можуть додаватися соціально-господарські, екологічні та інші обмеження. За результатами їх урахування вимальовується розрахунковий напір води на гідроспорудах тієї чи іншої потенційної малої ГЕС, розрахункова витрата води станцією та її встановлена потужність. Характерною особливістю малих ГЕС є також яскраво виражена індивідуальність їх робочих проектів,

яка також вимагає додаткових витрат часу і коштів. Проте всі ці проблеми більш чи менш успішно можна вирішувати – конкретні рекомендації для цього наведено у даній роботі. Отож мала гідроенергетика – це саме та підгалузь альтернативної енергетики України, яка повинна фінансуватися та розвиватися прискореними темпами, тому що вона на сьогоднішній день є високоприбутковим, високорентабельним і швидкоокупним приватним малим бізнесом з великими можливостями і перспективами.

4. Дана стаття відповідає діючій «Енергетичній стратегії України на період до 2030 року», відкриваючи нові можливості для розвитку вітчизняної малої гідроенергетики й відтак для зміцнення енергетичної незалежності нашої держави.

Практична цінність дослідження. Детальні обґрунтування та пропозиції, які наведено в двох таблицях, що становлять кістяк дослідження, можуть бути використані на практиці під час проектування малих ГЕС з метою недопущення можливих технічних помилок та економічних прорахунків. У результаті їхнього урахування варто буде очікувати певного прискорення росту частки малої гідроенергетики в енергетичному балансі нашої країни, що матиме позитивний вплив і на інші сфери спільного функціонування природи і суспільства – екологію, економіку та соціальний сектор.

Перспективи подальших розвідок в цьому напрямку вбачаємо у наступному:

1. Практичне доведення наукової цінності рекомендацій, які наведені в означеній статті.

2. Розроблення наукових рекомендацій з надання земельних ділянок для потреб малої гідроенергетики.

3. Науково-технічне обґрунтування компоновок основного обладнання сучасних малих ГЕС на підставі багаторічної гідрологічної інформації про водотоки в місцях розташування майданчиків для спорудження потенційних об'єктів малої гідроенергетики.

4. Розроблення більш ефективного гідротурбінного обладнання для потреб малої гідроенергетики.

5. Техніко-економічне та науково-практичне обґрунтування вибору одного з декількох можливих варіантів виконання турбінного водогону малої ГЕС.

Автори завдячують Тернопільському національному технічному університету імені Івана Пулюя і Національному університету водного господарства та природокористування (м. Рівне), за рахунок яких провадилися дослідження, що викладені в цій статті. Автори також ведуть пошуки додаткових фінансових ресурсів, які необхідні для продовження наукових досліджень за цією тематикою і для їхнього застосування в повному обсязі на практиці. Заздалегідь щиро завдячуємо всім і кожному, хто надасть нам у цьому будь яку підтримку. Спільні зусилля всіх нас дозволять знизити викиди CO₂ в атмосферу та зробити вкрай необхідний внесок у збереження довкілля.

ЛІТЕРАТУРА

1. Дегтяренко О.Г., Шашков С.В. Доцільність та перспективи розвитку малої гідроенергетики в Україні // Вісник СумДУ. Серія «Економіка». – Суми: СумДУ, 2010. – № 1/2010. – С. 89–96.

2. Зінь М. Стан і стимулювання розвитку відновлювальної енергетики в Україні: збір. тез доповідей Міжнар. наук.-техн. конф. молодих учених та студентів «Актуальні задачі сучасних технологій» ТНТУ ім. І. Пулюя, 21–22 грудня 2010 р., м. Тернопіль. – С. 110.

3. Зінь М.М., Підгайний Ю.Б. Проблеми функціонування малих ГЕС та шляхи їх розв'язання: Матеріали XVII наукової конференції ТНТУ ім. І. Пулюя, 21–22 листопада 2013 р., Тернопіль / Т.І. Природничі науки та інформаційні технології. – Тернопіль: ТНТУ ім. І. Пулюя, 2013. – С. 52.

4. Fulford, S., Mosley, P. and Gill, A. (2000), "Recommendations on the use of micro-hydropower in rural development", *Journal of International Development*, no. 12, pp. 975–983.

5. Varun, Bhat, I.K. and Prakash Ravi (2008), "Life Cycle Analysis of Run-of River Small Hydro

Power Plants in India", *The Open Renewable Energy Journal*, no. 1, pp. 11–16.

6. Bakken, T.H., Sundt, H., Ruud, A., Harby, A. (2012), "Development of small versus large hydropower in Norway comparison of environmental impacts", *Energy Procedia*, no. 20, pp. 185–199.

7. Kubecka, J., Matena, J., Hartvich, P. (1997), "Adverse ecological effects of small hydropower stations in the Czech Republic", *Regulated Rivers-Research & Management*, vol. 1, Bypass plants, no. 13, pp. 101–113.

8. Egge, D., Milewski, J.C. (2002), "The diversity of hydropower projects", *Energy Policy*, no. 30, pp. 1225–1230.

9. Rimal, R., Poudel, S. (1998), "Hydro Power in Nepal", *Small Hydropower News*, vol. 15, winter edition, pp. 11–15.

BENEFITS AND DRAWBACKS OF QUANTITATIVE DEVELOPMENT OF MICRO HYDRO POWER AND WAYS OF THEIR SOLUTION

M. Tarasenko, M. Zin

Ternopil Ivan Pul'uj National Technical University
vul. Ruska 56, Ternopil, 46001, Ukraine. E-mail: zinm@mail.ru

Y. Pidhainyi

National University of Water Management and Nature Resources Use
vul. Soborna 11, bld. 1, Rivne, 33000, Ukraine. E-mail: pidgayniy@ukr.net

The article presents a list and detailed analysis of micro-hydro power advantages against other alternative energy sources. The authors have covered the expectation problems concerning the construction of small-scale hydro power stations and developed a specific detailed set of recommendations for their solution. For ease of use the research results are presented in the paper in tabular form. It has been pointed out that the present-day Ukrainian micro-hydro power can be developed predominantly in a *quantitative* way by means of constructing a large number (up to 10000) of micro- and mini-hydro power stations with a unit capacity up to the 1000 kW. Most of the mentioned hydro power stations will fall into the group "micro-hydro power station", that means their installed capacity will not exceed 200 kW, which is stipulated by strict ecological, social and economical constraints. There has also been considered the fact that modern micro-hydro power must in no case presuppose the flowage of large areas for the purpose of pressure boosts and power increase of micro-hydro power stations and the formation of water reservoirs-accumulators. In general, the authors have come to the conclusion that the present-day Ukrainian micro-hydro power is a high-yielding, highly profitable and fast-payback private *small* business with great opportunities and perspectives. The research results may be used not only in Ukraine but abroad as well.

Key words: micro-hydro power, advantages, problems of development.

REFERENCES

1. Degtjarenko, O.G., Shashkov, S.V. (2010), "Expeditance and prospects of development of midget power plants in Ukraine", *Transactions of Sumy State University, Series: Economy*, no. 1, pp. 89–96.

2. Zin, M.M. (2010), "State and stimulate the development of renewable energy in Ukraine", *Materials of the International Scientific and Technical Conference of Young Scientists and Students "Actual problems of modern technology"*, Ternopil Ivan Pul'uj National Technical University, Ternopil, December 21–22, 2010, p. 110.

3. Zin, M.M. and Pidhainyi, Y.B. (2013), "Problems operation of small hydropower plants and Solutions", *Natural sciences and information technology. Proceedings of the 17th Scientific conference of Ternopil Ivan Pul'uj National Technical University*, Ternopil, TNTU, November 21–22, 2013, vol. 1, p. 52.

4. Fulford, S., Mosley, P., and Gill, A. (2000), "Recommendations on the use of micro-hydropower in

rural development", *Journal of International Development*, no. 12, pp. 975–983.

5. Varun, Bhat, I.K. and Prakash, Ravi (2008), "Life cycle analysis of run-of river small hydro power plants in India", *The Open Renewable Energy Journal*, no. 1, pp. 11–16.

6. Bakken, T.H., Sundt, H., Ruud, A., Harby, A. (2012), "Development of small versus large hydropower in Norway comparison of environmental impacts", *Energy Procedia*, no. 20, pp. 185–199.

7. Kubecka, J., Matena, J., Hartvich, P. (1997), "Adverse ecological effects of small hydropower stations in the Czech Republic", *Regulated Rivers-Research & Management*, vol. 1, Bypass plants, no. 13, pp. 101–113.

8. Egge, D., Milewski, J.C. (2002), "The diversity of hydropower projects", *Energy Policy*, no. 30, pp. 1225–1230.

9. Rimal, R., Poudel, S. (1998), "Hydro power in Nepal", *Small Hydropower News*, vol. 15, winter edition, pp. 11–15.

Стаття надійшла 11.03.2014.