

МЕТОДИКА

ПОТЕНЦІАЛУ ВІДНОВЛЮВАНИХ ДЖЕРЕЛ ЕНЕРГІЇ



Методика

Що це таке:

Методика оцінки потенціалу відновлюваної енергії є дороговказом для визначення можливостей реалізації проектів із використанням відновлюваних джерел енергії (ВДЕ) у межах конкретної території.

Для кого:

Методика розрахована на людей, зацікавлених у розвитку відновлюваної енергії в регіоні; для здійснення аналізу за цією методикою не обов'язковий практичний досвід реалізації проектів у сфері ВДЕ та наявність профільної освіти.

Як використовувати:

Важливо дотримуватись послідовності кроків, що описані в методиці, та розуміти їх логіку (*що слід робити і для чого*). Кожна територія матиме свої особливості в реалізації аналізу потенціалу відновлюваної енергетики, адже спрацьовує людський фактор, впливають географічні відмінності, політичні та економічні чинники. Тому методика має узагальнений характер, спрямовує увагу в потрібне русло та пошук необхідних рішень на місцях.

Посилання, які необхідні для збору інформації:

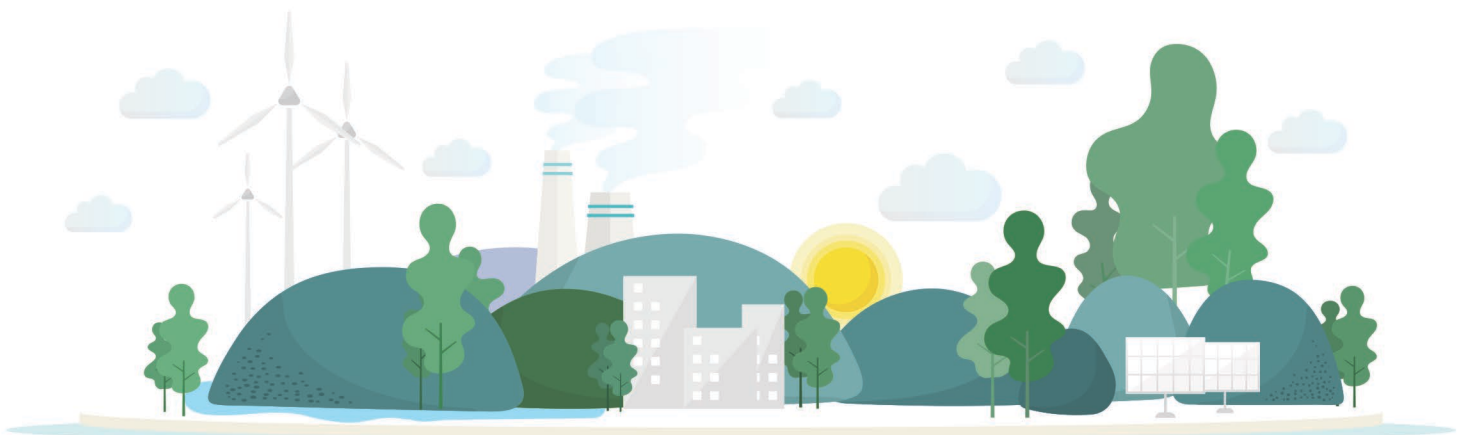
Сайт НЕК "Укренерго" <https://ua.energy/karta-pryyednannya/> - тут можна знайти карти розташування ліній електропередач і трансформаторних підстанцій;

Сайти енергопостачальних компаній (наприклад АТ "Хмельницькобленерго" - <https://www.hoe.com.ua/page/geoinformatsijna-sistema>, де розміщена інформація про розташування та технічні характеристики ліній електропередач ПЛ-110кВ, ПЛ-35кВ, ПЛ-10кВ, ПЛ-3кВ, ПЛ-0,4 кВ, підстанцій 110/35/10кВ, трансформаторних підстанцій ТП, РП 10 кВ.);

Публічна кадастрова карта України -

<https://map.land.gov.ua/kadastrova-karta> для пошуку земельних ділянок з відповідним цільовим призначенням;

Сайти профільних асоціацій, наприклад: Біоенергетична Асоціація України - <http://www.uabio.org/>, Українська вітроенергетична асоціація - <http://uwea.com.ua/ua/>, Українська асоціація відновлюваної енергетики - <https://uare.com.ua/>, інші.



БЛОК 1. Сонячна енергетика:

Що це?

Існує декілька способів перетворення енергії сонця:

- ♦ фотовольтаїка;
- ♦ термоповітряна енергетика;
- ♦ геліотермальна енергетика;
- ♦ з використанням сонячних аеростатних електростанцій.

Як енергетичне джерело для сонячної енергетики використовується енергія сонячного світла, яку за допомогою спеціальних конструкцій перетворюють у теплову або електричну. Якщо до основних переваг сонячної енергетики можна віднести загальнодоступність, а головне – невичерпність джерела енергії, то до недоліків зараховують:

- ♦ необхідність акумуляції енергії;
- ♦ високу вартість обладнання;
- ♦ залежність від погодних умов та часу доби;
- ♦ підвищення температури атмосфери над електростанціями та ін.

Генерація електроенергії відбувається переважно через сонячні панелі, які можна поділити на декілька типів:

- ♦ Тонкоплівкові панелі – використовується гнучкий фотомодуль, який містить приблизно в 50-100 разів менше кремнію, ніж класичні різновиди.
- ♦ Монокристалічні панелі – побудовані на основі монокристалічних кремнієвих фотомодулів (елемент складається з одного однорідного кристалу кремнію; цей вид вважають найбільш продуктивним).
- ♦ Полікристалічні панелі – зроблені на основі полікристалічних кремнієвих модулів (кожен елемент складається з великої кількості різнорідних кристалів кремнію та містить незначні домішки; менш продуктивні, але дешевші).
- ♦ Потужність однієї сонячної панелі коливається від 100 до понад 400 Вт.

Сонячні електростанції можна класифікувати:

- ♦ **за розміром:** на малі для фізичних осіб (до 50 кВт) та промислові для юридичних осіб (зазвичай це понад 1 МВт);
- ♦ **за типом:** на дахові та наземні.

Електричну енергію, вироблену за допомогою сонця, можна використовувати для власних потреб, а також продавати в мережу за “зеленим” тарифом.

Держава на законодавчому рівні гарантувала дію “зеленого” тарифу до 1 січня 2030 року. Для об’єктів, що введені в експлуатацію до кінця 2019 року, він становить:

- ♦ **для юридичних осіб:**
 - дахові сонячні електростанції – 0,16 євро за кВт;
 - наземні сонячні електростанції – 0,15 євро за кВт;
- ♦ **для фізичних осіб** – 0,18 євро за кВт.

Сонячні електростанції можна класифікувати:

- ♦ використання великих площ землі під електростанції (наприклад, електростанція потужністю 1 ГВт може потребувати декількох десятків квадратних кілометрів);
- ♦ залежність ефективності роботи станції від пори року, часу доби та погодних умов;
- ♦ висока ціна комплектуючих для СЕС;
- ♦ необхідність очищати поверхню панелей від снігу, пилу та інших забруднень. При великих площах станції це може викликати труднощі;
- ♦ ефективність фотоелектричних елементів помітно зменшується під час їх нагрівання;
- ♦ з кожним роком експлуатації ефективність фотоелектричних елементів знижується.

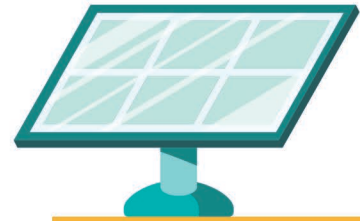
1.1 Наземні сонячні електростанції:

Вихідні дані:

- ♦ перелік наявних вільних ділянок;
- ♦ інформація від енергопостачальної компанії щодо технічної можливості приєднання потужностей СЕС до зовнішніх мереж.

Дані можна отримати від:

- ♦ енергопостачальних компаній;
- ♦ органів місцевого самоврядування (за запитом);
- ♦ профільних асоціацій та громадських організацій.



Розрахунок енергетичного потенціалу наземних сонячних електростанцій:

1 Оцінка мереж та підстанцій.

Надіслати в енергопостачальну компанію запит на інформацію щодо технічної можливості приєднання потужностей СЕС до зовнішніх мереж у межах території, яка вас цікавить.

Форма звернення може бути як письмова (лист від фізичної або юридичної особи із проханням надати відповідну інформацію), так і усна (запис на особистий прийом до спеціаліста, відповідального за технічні питання). Врахуйте, що на відповідь може знадобитись певний час (максимальний – до 30 днів), якщо це письмове звернення. Для аналізу можуть знадобитись графічні матеріали, що є у розпорядженні енергопостачальної компанії, наприклад – схема нормального режиму трз 35-110 150 кВт. Проте для розуміння змісту схеми потрібна участь технічного спеціаліста.

Важливо:

Чим детальніше ви вкажете потенційне місце розташування СЕС, тим конкретнішою буде відповідь від енергопостачальної компанії на ваш запит. Наприклад, можна надати перелік кадастрових номерів вільних земельних ділянок, що наближені до мереж ПЛ-35кВ, ПЛ-10кВ. Мережі з вищою напругою розглядають у випадку спорудження великих СЕС та рідко експлуатують в цих цілях.

У результаті першого кроку ви отримаєте уявлення щодо можливої території розташування СЕС та потенційної максимальної потужності станції.

2 Аналіз земельних ділянок.

Оцініть ділянки, для яких є можливість підключення до зовнішніх мереж, за такими критеріями:

- ♦ **Відстань до точки підключення** (наявна трансформаторна підстанція або місце для її встановлення).

Найбільш привабливими для будівництва СЕС є ділянки, максимально наближені до точки підключення. Чим далі від ділянки точка підключення до мережі, тим більша сума витрат на облаштування інфраструктури, а відповідно – тривалість окупності проекту. Передусім розглядайте ділянки в межах 1 км від ліній електромереж.

- ♦ **Наявність ліній електромереж на території ділянки.**

Якщо лінії електромереж проходять в межах земельної ділянки, це може викликати певні незручності, адже уздовж ліній потрібно залишати санітарно-захисну зону (від 2-ох до 40-а метрів, в залежності від напруги ліній), де розміщувати сонячні панелі заборонено. Таким чином залишається незадіяна площа.

- ♦ **Максимальна потужність станції.**

Розрахунок потужності СЕС щодо площі землі можна визначити наступним чином: 1 МВт = 2 га.

- ♦ **Цільове призначення ділянки.**

Зверніть увагу на цільове призначення ділянки, вона не повинна бути для сільськогосподарських потреб. Вважається, що орні землі раціональніше використовувати в сільськогосподарських цілях.

Необхідне цільове призначення для будівництва СЕС – **14.01 Для розміщення, будівництва, експлуатації та обслуговування будівель і споруд об'єктів енергогенеруючих підприємств, установ і організацій.**

Готових земельних ділянок із необхідним цільовим призначенням не так багато, тому доводиться переважно змінювати призначення земель.

Важливо:

Оптимальні вимоги до земельних ділянок: рівнина, без затінення та дерев, інфраструктурних об'єктів, помірна вологість. Якщо це схил, він має бути орієнтований максимально на південь.

У результаті другого етапу у вас повинен бути сформований перелік ділянок, які відповідають всім критеріям, зазначена площа ділянки та максимальна можливість підключення до мережі станції на цій ділянці.

1.2 Дахові сонячні електростанції:

СЕС можна встановлювати на дахах будівель різного призначення та форми власності, відповідно, умови будівництва на цих дахах матимуть відмінності. Слід врахувати цілі та масштаб аналізу дахів, що дозволяє обрати оптимальний варіант форми власності. Найбільш актуальний варіант спорудження СЕС на сьогодні – оренда дахів приватної, комунальної, державної форми власності для залучення інвестицій та продажу електроенергії за “зеленим” тарифом.

Приклади балансоутримувачів дахів:

- ♦ **Комунальна власність** (рішення про передачу в оренду відбувається переважно через сесію або відкритий конкурс. Орган місцевого самоврядування може розглянути передачу в оренду як одного даху, так і багатьох дахів комунальної власності одразу. Централізоване прийняття рішень пришвидшує темпи реалізації проектів, що є великою перевагою, орієнтовний термін передачі даху в оренду – 2-3 місяці).
- ♦ **Державна власність** (рішення про передачу в оренду відбувається через Фонд державного майна та інші структури, що дотичні до функціонування конкретного закладу. Наприклад, якщо брати в оренду дах закладів профтехосвіти, потрібне додаткове погодження відповідних структур: на локальному рівні – обласного департаменту освіти і науки, на національному рівні – Міністерства освіти і науки України. Орієнтовний термін передачі даху в оренду – 3-4 місяці).
- ♦ **ОСББ** (рішення про передачу в оренду відбувається через збори учасників ОСББ та голосування частини. Варто зауважити, що кожне ОСББ має свої особливості внутрішньої комунікації, часто це призводить до складнощів в оперативному прийнятті рішень).
- ♦ **Приватна власність** (рішення про передачу в оренду відбувається через угоду з власником приміщення, що є найшвидшим варіантом для облаштування СЕС. Варто розглядати споруди, де один власник, щоб уникнути ризику розбіжностей інтересів співвласників). Варіанти споруд приватної форми власності – виробничі та складські приміщення, торгові та офісні центри, інше.

Вихідні дані:

- ♦ список будівель, дахи яких придатні для будівництва СЕС;
- ♦ інформація про площу даху;
- ♦ дані про енергоспоживання будівлі;
- ♦ договірна потужність з обленерго;

Дані можна отримати від:

- ♦ список будівель, дахи яких придатні для будівництва СЕС;
- ♦ інформація про площу даху;
- ♦ дані про енергоспоживання будівлі;
- ♦ договірна потужність з обленерго;



Розрахунок потенціалу сонячної енергетики в форматі дахових СЕС:

1 Вибір будівель.

На першому етапі необхідно обрати будівлі враховуючи наступні критерії:

♦ Площа даху.

Мінімальна площа даху, яка буде привабливою з комерційної точки зору, сягає 700 м.кв. (орієнтовна потужність СЕС 100 кВт), це обумовлено суттєвими витратами на необхідну документацію, ліцензію, монтажні роботи, поточний ремонт даху. СЕС меншої потужності можна розглядати, але слід врахувати, що період окупності може бути понад 6 років. У разі встановлення СЕС для власного споживання, мінімальна площа даху та потужність станції може бути будь-якою.

Варто врахувати, що загальна площа даху не дорівнюватиме площі облаштування СЕС, тому слід звернути увагу на розміщення вентиляційних конструкцій, шахти ліфту, інших елементів та порахувати корисну площу, де можна буде розташувати СЕС. З практики аналізу дахів комунальної форми власності, придатна площа для спорудження СЕС дорівнює 30 % від загальної площі даху. Рекомендовано брати до уваги плоский тип даху з кутом нахилу до 5 градусів, це дозволить встановити баластову систему кріплення станції без капітального втручання в покриття даху.

♦ Технічний стан будівлі.

Стан будівлі повинен забезпечувати експлуатацію споруди протягом 20-ти років без капітальних змін, що впливають на дах (наприклад, добудова поверху або зміна плоского даху на скатний).

♦ **Відсутність затінення на місці розташування СЕС.**

Зверніть увагу на дерева, які затіняють дах, або дерева, які в перспективі наступних 5-10 років можуть вирости вище його рівня. Тінь, що падає на сонячні панелі, знижує ККД сонячної станції, тому затінена частина не зовсім придатна для розміщення сонячних панелей. Затінення також можуть давати будівлі поруч або окремі елементи, розташовані на даху.

♦ **Покриття даху.**

Оптимальний варіант покриття даху – новий руберойд, встелений перед спорудженням СЕС. Максимальний термін експлуатації руберойду перед монтажем станції (без заміни покрівлі) не має перевищувати 5 років (бажано). У середньому гарантійний термін від 7 до 15 років, після чого потрібно ремонтувати покрівлю даху. Заміна покриття даху після встановлення станції потребуватиме демонтажу конструкцій.

♦ **Відстань до трансформаторної підстанції.**

Наявність трансформаторної підстанції для приєднання СЕС до мережі має бути в межах 300 метрів від будівлі. Підключення станції також можливе до щитової, що розміщена безпосередньо в будівлі, проте слід дізнатись потужність щитової та зіставити дані з потужністю станції.

2 Розрахунок потужності СЕС для кожної будівлі

♦ **Визначити величину відведеної потужності у закладі та споживання.**

Це дозволить зрозуміти, чи потрібно збільшувати ліміт відведених для будинка кВт, враховуючи потужність СЕС. Інформація про відведену потужність вказана в договорі з енергопостачальною компанією. Дані про споживання електроенергії можна отримати в балансоутримувача будівлі.

♦ **Розрахувати потужність СЕС з урахуванням наявної площі даху.**

Слід зіставити інформацію про корисну площу даху, що придатна для розміщення модулів + розмір та потужність модулів + площу для обслуговування СЕС (до 5 % від корисної площі, яку займатиме СЕС).

♦ **Орієнтовні розрахунки можна зробити за допомогою сайту:** <https://layout-v3.ezzing.com>

♦ **Розрахувати величину підключення до мережі.**

Відведена закладу потужність, що прописана в договорі з обленерго = максимальна потужність СЕС. Якщо дах придатний для встановлення станції більшої потужності, аніж відведено на будівлю, можна укласти новий договір на збільшення потужності (це несе додаткові фінансові витрати).

♦ **Зробити запит в енергопостачальну компанію щодо можливості підключення бажаної потужності до мережі.**

Цей крок слід передбачити на етапі, коли усі розрахунки та дозвільна документація будуть готові.

3 Зведення інформації

Для проведення збору інформації про наявність дахів у населеному пункті, можна використовувати цю таблицю:

Назва закладу	Адреса	Загальна площа даху, м2	Тип покрівлі, стан (коли проводили ремонт востаннє)	Відстань до трансформаторної підстанції, м	Дозволена потужність будівлі згідно з договором з обленерго, кВт	Максимальне споживання електроенергії за місяць, кВт*год

БЛОК 2. Біоенергетика:

Що це?

Біоенергетика - галузь енергетики, заснована на використанні біопалива, яке виробляється з біомаси.

До біомаси відносять біологічно відновлювані речовини органічного походження, що зазнають біологічного розкладу (відходи сільського господарства [рослинництва і тваринництва], лісового господарства та технологічно пов'язаних із ним галузей промисловості, а також органічну частину промислових та побутових відходів)¹.

Найбільш поширені види біомаси, які використовують в Україні:

- ♦ деревина (дрова, тріска, паливні гранули [пелети] та брикети);
- ♦ солома, стебла кукурудзи, соняшника та ін.(тюки, пелети, брикети);
- ♦ лушпиння та інші відходи переробки соняшника, зернових та інших сільськогосподарських культур (пелети, брикети);
- ♦ відходи тваринництва та птахівництва;
- ♦ відходи овочевих культур і їх переробки;
- ♦ рослинні відходи харчової промисловості, торф;
- ♦ одно- і багаторічна трав'яна біомаса (енергетична верба, сорго, міскантус тощо);
- ♦ плодова біомаса;
- ♦ енергетичні культури (енергетична верба, міскантус, сорго і т.д.).

Біомасу використовують для виробництва електричної та теплової енергії, а також для виробництва рідкого біопалива (біодизелю, біоетанолу, авіаційного біопалива) та біогазу.

Під час аналізу потенціалу біомаси варто враховувати наступні критерії:

- ♦ **Технічні:**
 - аналіз достатнього обсягу сировини;
 - наявність необхідної інфраструктури – дороги, комунікації, дозвільна документація;
 - наявність людського ресурсу – спеціалістів;
 - можливість підключення до мереж.
- ♦ **Фінансові:** прийнятні терміни окупності проекту, можливість/наявність зовнішнього фінансування.
- ♦ **Екологічні:** виконання природоохоронного законодавства (Водний кодекс, Земельний кодекс, проведення оцінки впливу на довкілля, Лісовий кодекс, інше).
- ♦ **Соціальні:** підтримка зі сторони громади, наявність власного споживання теплової/електричної енергії.
- ♦ **Інші:** слід додатково врахувати особливості обраної території та громади, що можуть нести загрозу реалізації біоенергетичних проектів.

Варто проводити аналіз окремо для:

- ♦ відходів сільського господарства для виробництва біогазу;
- ♦ потенціал біогазу зі звалищ;
- ♦ відходів сільського господарства (солома, соняшник, кукурудза для виробництва теплової енергії та пелетів, брикетів тощо);
- ♦ деревини, її відходів і продуктів переробки;
- ♦ вирощування біоенергетичних культур.

Рекомендуємо збирати інформацію до таблиці за таким прикладом:

Вид біомаси	Валовий збір сировини/відходів, тис. т	Урожайність, ц/га

¹ Закон України. "Про альтернативні види палива." 1391-XIV (2000).

² Зарубіжний досвід електро- та теплопостачання на основі впровадження екологічно ефективних біопаливних технологій. ДП «НЕК «УКРЕНЕРГО» (2017).

2.1

Розрахунок потенціалу сільськогосподарських відходів:

Переваги та обмежувальні чинники:

- ♦ кількість рослинних відходів змінюється щороку і залежить від урожайності та планів сівозмін;
- ♦ невисока вартість сировини;
- ♦ значна частина відходів сільського господарства вже використовується для потреб тваринництва, тому під час розрахунків варто враховувати лише незадіяні відходи;
- ♦ економічно вигідно використовувати відходи в межах однієї громади/порівняно невеликої території;
- ♦ для спалювання соломи зернових та агропелет/агробрикетів необхідно використовувати спеціальне обладнання, що запобігає плавленню золи та шлакуванню котла.

Вихідні дані:

- ♦ Обсяг сільськогосподарських відходів, або обсяг вирощеної с/г продукції, урожайність культур.

Дані можна отримати від:

- ♦ місцевих відділів та управлінь статистики (за запитом), а також зі статистичних щорічників;
- ♦ департаменту агропромислового розвитку при ОДА;
- ♦ від виробників с/г продукції.

Важливо:

оцінка потенціалу сільськогосподарських відходів може базуватися на статистичних даних вирощування сільськогосподарських культур або ж інформації про кількість сільськогосподарських відходів безпосередньо від компаній/фермерів, які працюють на території громади та зацікавлені у продажу/передачі відходів для виробництва енергії.

Залежно від виду вихідних даних слід використовувати різні підходи до розрахунків.

Розрахунок:

1 Визначення загальної кількості соломи та рослинних відходів.

Оскільки валовий збір і врожайність сільськогосподарських культур є величиною змінною, кількість рослинних відходів також постійно змінюється. Для розрахунку кількості соломи і рослинних відходів кожної культури валовий збір основної продукції множиться на коефіцієнт відходів. Визначається коефіцієнт відходів залежно від урожайності.

Відповідно до того, в якому діапазоні знаходиться урожайність культури у кожному випадку, обирається рівняння для визначення урожайності соломи. Зі співвідношення кількості соломи до урожайності культури визначається коефіцієнт відходів. Діапазон зміни величини коефіцієнта відходів в останній колонці³.

Приклад: На території громади збирається 20 т ячменю. Кількість соломи ячменю: $20 \cdot 0,9 + 6,5 = 24,5$ т соломи. Коефіцієнт відходів $24,5/20 = 1,225$

В результаті у вас повинен бути перелік всіх наявних с/г відходів, їх кількість та коефіцієнт відходів.

Якщо дані щодо урожайності відсутні, можливо оціночно розрахувати кількість відходів у діапазоні між найменшим і найбільшим значенням коефіцієнта відходів, табл. Б.1.

Таблиця Б.1

Урожайність зернових культур і лінійні рівняння для визначення кількості рослинних відходів:

Культури	Рівняння для визначення урожайності соломи x , ц/га
Озиме жито	$x = 1,0 \cdot \text{урожайність культури} + 25$
Озима пшениця	$x = 0,8 \cdot \text{урожайність культури} + 25,9$
Ярова пшениця	$x = 0,5 \cdot \text{урожайність культури} + 19,8$
Ячмінь	$x = 0,9 \cdot \text{урожайність культури} + 7,2$
Овес	$x = 0,7 \cdot \text{урожайність культури} + 16,2$
Просо	$x = 2,0 \cdot \text{урожайність культури} + 7,1$
Кукурудза	$x = 1,2 \cdot \text{урожайність культури} + 17,5$
Горох	$x = 1,2 \cdot \text{урожайність культури} + 3,0$
Гречка	$x = 1,3 \cdot \text{урожайність культури} + 10,3$
Соняшник	$x = 1,8 \cdot \text{урожайність культури} + 5,3$

³ Ключ, С. В. "Визначення енергетичного потенціалу соломи і рослинних відходів за період незалежності України." Відродження енергетика 3 (2012): 71-79.

Коефіцієнти відходів для соломи ріпака, сої та лушпиння соняшника знаходяться окремо та визначаються у діапазоні значень, таблиця Б.2

2 Розрахунок технічно-досяжного енергетичного потенціалу сільсько-сподарських відходів.

Для розрахунку технічно-досяжного енергетичного потенціалу необхідно враховувати інші напрямки використання соломи та втрати на полі і під час транспортування⁴.

Вихідні дані:

- кількість соломи, що використовується у тваринництві;
- кількість соломи, що вноситься в ґрунт як добриво;
- кількість соломи та рослинних відходів, що використовуються на інші потреби.

Дані можна отримати від:

- департаменту агропромислового розвитку при ОДА;
- від виробників с/г продукції.

Для визначення кількості соломи та рослинних відходів для енергетичного використання, від загальної кількості зібраної соломи/рослинних відходів віднімається та кількість соломи, що використовується у тваринництві як добриво та на інші потреби.

У разі, якщо такі дані відсутні, для визначення технічно-досяжного енергетичного потенціалу можна скористатися коефіцієнтами з таблиці Б.2

Якщо дані щодо кількості фактично зібраної соломи/рослинних відходів відсутні, необхідно врахувати втрати, що виникають під час збору урожаю і транспортування соломи. Для цього використовуємо коефіцієнт втрат $K_{втр}$. У табл. Б.2 приведені значення всіх цих коефіцієнтів.

Таблиця Б.2

Коефіцієнти відходів, втрат та енергетичного використання:

Назва культури і відходів	Коефіцієнт відходів $K_{від}$	Коефіцієнт втрат $K_{втр}$	Коефіцієнти енергетичного використання $K_{ен.}$
Солома жита	1,6–2,2	0,1	0,5
Солома пшениці	1,4–2,0	0,1	0,5
Солома ячменю	1,1–1,5	0,1	0,5
Солома вівса	1,2–1,6	0,1	0,4
Солома проса	1,7–3,8	0,1	0,5
Солома гречки	1,7–2,6	0,1	0,8
Солома гороху	1,3–2,2	0,15	0,5
Солома рису	1,1	0,1	1,0
Солома ріпака	1,8–2,5	0,1	1,0
Солома сої	1,2–2,3	0,1	1,0
Стебла кукурудзи	1,7–3,0	0,25	1,0
Стебла соняшника	2,0–2,5	0,3	1,0
Лушпиння соняшника	0,18–0,2	0,05	1,0

Кількість соломи і рослинних відходів ($V_{сол}$), що можуть бути використані для виробництва енергії, визначається за рівнянням:

$$V_{сол} = V_{зел} * K_{від} * (1 - K_{втр}) * K_{ен} \text{ т,}$$

де $V_{зер}$ – валовий збір зерна, т.

■ **Енергетичний потенціал соломи або рослинних відходів ($P_{\text{сол}}$) визначаємо за рівнянням:**

$$P_{\text{сол}} = V_{\text{сол}} * Q_H^p \text{ т н. е.},$$

де Q_H^p – нижча теплота згоряння робочого палива, т н.е./т.

Таблиця Б.3

Нижча теплота згоряння сільськогосподарських відходів:

Назва культури і відходів	кДж/кг	ккал/кг	Q_H^p , т н.е./т
Солома жита	15461	3690	0,369
Солома пшениці	17179	4100	0,41
Солома ячменю	15922	3800	0,38
Солома вівса	16131	3850	0,385
Солома проса	12570	3000	0,3
Солома гречки	12570	3000	0,3
Солома гороху	12570	3000	0,3
Солома рису	12570	3000	0,3
Солома ріпака	15335	3660	0,366
Солома сої	15922	3800	0,38
Стебла кукурудзи	13701	3270	0,327
Стебла соняшника	13701	3270	0,327
Лушпиння соняшника	15712	3750	0,375

Зразок розрахунку:

Валовий збір озимої пшениці у 2017 році складає 1250,6 тис. т, урожайність – 59,7 ц/га.

■ **Кількість соломи для енергетичного використання обчислюємо за формулою, використовуючи коефіцієнти з таблиці Б.2**

$$V_{\text{сол}} = V_{\text{зер}} * K_{\text{від}} * (1 - K_{\text{втр}}) * K_{\text{ен}} = 1250,6 * 1,23 * (1 - 0,1) * 0,5 = 694,4 \text{ тис. т}$$

■ **А енергетичний потенціал – використовуючи значення теплоти згоряння з табл Б.3**

$$P_{\text{сол}} = V_{\text{сол}} * Q_H^p = 694,4 * 0,41 = 284,7 \text{ тис. т н.е}$$

Результати розрахунку:

На основі даних зі статистичного щорічника⁵ (розділи 17.20. **Виробництво культур сільськогосподарських** та 17.31. **Урожайність культур сільськогосподарських**) розраховано енергетичний потенціал відходів у Хмельницькій області за 2013-2017 роки.

⁵ Статистичний щорічник Хмельницької області за 2017 рік. Головне управління статистики у Хмельницькій області, 2018

Таблиця Б.4

Енергетичний потенціал відходів у Хмельницькій області:

Культури	Енергетичний потенціал, тис. т н.е.				
	2013	2014	2015	2016	2017
Озимі					
пшениця	215,2	237,1	269,9	305,2	284,7
жито	3,8	3,7	3,1	5,1	7,3
ячмінь	14,0	16,5	17,7	18,3	13,7
Ярі					
пшениця	6,1	5,4	6,1	9,2	11,1
ячмінь	46,9	66,6	57,6	69,1	67,6
кукурудза на зерно	774,1	718,0	491,6	485,8	633,2
овес	3,4	3,6	3,0	3,1	3,2
просо	0,0332	0,1201	0,1054	0,1531	0,2276
гречка	11,8	8,0	6,5	7,4	10,3
культури зернобобові	2,9	3,9	4,2	4,7	9,8
Соняшник	35,3	40,1	48,5	158,7	200,8
Соя	158,9	257,4	204,1	190,9	193,7
Ріпак і кольза	105,3	124,3	132,5	73,6	95,5
Всього	1377,7	1484,9	1244,9	1331,1	1531,1

Зразок розрахунку:

Валовий збір озимої пшениці у 2017 році складає 1250,6 тис. т, урожайність – 59,7 ц/га.

Кількість соломи для енергетичного використання обчислюємо за формулою, використовуючи коефіцієнти з таблиці Б.2

$$V_{\text{сол}} = V_{\text{зер}} * K_{\text{від}} * (1 - K_{\text{втр}}) * K_{\text{ен}} = 1250,6 * 1,23 * (1 - 0,1) * 0,5 = 694,4 \text{ тис. т}$$

А енергетичний потенціал – використовуючи значення теплоти згоряння з табл Б.3

$$P_{\text{сол}} = V_{\text{сол}} * Q_{\text{н}}^p = 694,4 * 0,41 = 284,7 \text{ тис. т н.е}$$

Результати розрахунку:

На основі даних зі статистичного щорічника⁵ (розділи 17.20. Виробництво культур сільськогосподарських та 17.31. Урожайність культур сільськогосподарських) розраховано енергетичний потенціал відходів у Хмельницькій області за 2013-2017 роки.

⁵ Статистичний щорічник Хмельницької області за 2017 рік. Головне управління статистики у Хмельницькій області, 2018

2.2 Оцінка енергетичного потенціалу деревної біомаси:

Оцінка енергетичного потенціалу деревної біомаси Хмельницької області здійснюється на основі доступних статистичних даних та експертних оцінок. Процедура оцінки ґрунтується на визначенні обсягу відходів та залишків деревини. Енергетичний потенціал деревної біомаси також враховує такі складові відходів деревообробки, придатних для енергетичного використання: залишки від заготівлі деревини на лісосіках, відходи первинної та вторинної деревообробки, дрова⁶.

Переваги та обмежувальні чинники:

- ♦ деревина має високу щільність, може довго зберігатися. Технології та обладнання для спалювання деревного палива відпрацьовані та не надто складні;
- ♦ значна частина деревних відходів вже використовується, під час аналізу варто це враховувати.

Вихідні дані:

- ♦ об'єми лісозаготівлі, санітарних рубок;
- ♦ кількість відходів деревини, утворених у лісгоспах чи на деревообробних підприємствах.

Дані можна отримати від:

- ♦ місцевих відділів та управлінь статистики (за запитом), а також зі статистичних щорічників; лісгоспів;
- ♦ державного агентства лісових ресурсів;
- ♦ підприємств, які займаються лісозаготівлею та деревообробкою.

Розрахунок енергетичного потенціалу відходів деревини⁷:

Відходи лісозаготівлі:

■ Залежність для розрахунку економічного потенціалу біомаси:

$$Pe_{лсзг} = V_{заг} * W * Kr * Kt * Ke * \frac{Q_{NCVO}^{fr} * (100-W) - 2,44 * W}{100 * Q_{LHV}^{oe}}$$

де $V_{заг}$ – річний обсяг заготівлі ліквідної деревини (статистичні дані), щільні м³;

W = 35% (орієнтовне значення) – вміст води у відходах лісозаготівлі;

ρW – середня густина деревини із вмістом води $W\%$, т/м³.

Для Хмельницької області, враховуючи структуру рубок у 2017 році [Щорічн.], склад порід дерев наступний: твердолистяні породи – 49 %, хвойні – 41 %, м'яколистяні – 0,9 %, інші – 0,1 %.

Основна порода твердолистяних – дуб ($\rho_{12} = 0,69$ т/м³), хвойних – сосна (густина у повітряно-сухому стані $\rho_{12} = 0,5$ т/м³), м'яколистяних – верба ($\rho_{12} = 0,55$ т/м³).

■ Для цих порід дерев за вмісту води більше 23 % густина розраховується за наступною залежністю:

$$\rho_W = 0,823 * \frac{100}{100-W} * \rho_{12}$$

Відповідно $\rho_{W\text{ тв.л.}} = 0,87$, $\rho_{W\text{ хв.}} = 0,63$, $\rho_{W\text{ м'якл.}} = 0,7$

$\rho_W = (0,87*49\% + 0,63*41\% + 0,7*0,9\%)/(49\% + 41\% + 0,9\%) = 0,76$ т/м³;

Kr – коефіцієнт відходів лісозаготівлі, $Kr = 0,1$;

$Kt = 0,9$ – коефіцієнт технічної доступності відходів (для розрахунку технічного потенціалу біомаси);

$Ke = 0,5$ – коефіцієнт енергетичного використання відходів. Цей коефіцієнт показує, яка частка відходів може бути використана для енергетичних потреб, тоді як решта має залишитися для підтримання якості ґрунту;

$Q_{NCVO}^{fr} = 18,5$ МДж/кг – середня нижча теплота згоряння абсолютно сухої деревини;

$Q_{LHV}^{oe} = 41,868$ МДж/кг – нижча теплотворна здатність нафтового еквіваленту.

⁶ Ключ, С. В. "Визначення та прогнозування енергетичного потенціалу деревини та її відходів." Науковий вісник НЛТУ України 22.7 (2012).

⁷ Оцінка потенціалу біомаси в Одеській області (на прикладі двох районів). GLZ, Біомаса Карбон, IZES (2017)

Відходи деревообробки:

■ Залежність для розрахунку енергетичного потенціалу біомаси (т н.е.):

$$Pe_{обр} = (C_{ww} - U_{ww}) \cdot K_{ое},$$

де C_{ww} – річний обсяг утворення відходів деревообробних підприємств, т;

U_{ww} – річний обсяг утилізації відходів деревообробних підприємств, т.

Обсяг відходів деревообробки визначається за статистичними даними.

$K_{ое} = 0,310$ – коефіцієнт перерахунку у нафтовий еквівалент: теплотворна здатність відходів (QLHV = 13 ГДж/т, W = 25 %) / теплотворна здатність нафтового еквіваленту.

Дрова:

■ Залежність для розрахунку економічного потенціалу біомаси (т н.е.):

$$Pe_{др} = V_{fw} \cdot \rho \cdot K_{ое},$$

де V_{fw} – річний обсяг заготівлі дров, щільні м³;

ρ – середня густина дров із вмістом води W=25 %, визначена на основі наявного складу порід дерев, т/м³.

■ Середня густина дров в розраховується на основі тих же припущень, що були зроблені для відходів лісозаготівлі, за залежністю (5):

$$\rho_w = (0,87 \cdot 49\% + 0,63 \cdot 41\% + 0,7 \cdot 0,9\%) / (49\% + 41\% + 0,9\%) = 0,76 \text{ т/м}^3$$

$$Pe_{др} = 501,8 \cdot 0,76 \cdot 0,31 = 118,2 \text{ тис. т н. е.}$$

Таблиця Б.5

Енергетичний потенціал деревини у Хмельницькій області*

Тип	Енергетичний потенціал, тис. т н.е.				
	2013	2014	2015	2016	2017
Відходи лісозаготівлі	5,47	5,64	6,40	6,88	7,17
Дрова (паливна деревина)	88,10	92,65	107,86	115,37	118,75
Всього	93,58	98,29	114,27	122,24	125,92

*Статистичні дані для розрахунку енергетичного потенціалу відходів деревообробки на момент підготовки звіту відсутні.

2.3 Розрахунок енергетичного потенціалу біогазу:

Біогаз – загальна назва суміші горючих газів, що отримується як результат процесу природного розкладання різних органічних речовин – метанового бродіння (інша назва – анаеробний мікробіологічний процес). У природному середовищі процес розкладання триває досить довго, але для отримання біогазу в промислових умовах його можна значно прискорити, передусім, завдяки створенню для бактерій оптимальних умов.

Відомо понад 60 технологій отримання біогазу з відходів тваринництва, рослинних решток, стічних вод та звалищ. Отриманий біогаз може використовуватися для виробництва електроенергії з метою продажу за “зеленим” тарифом або для забезпечення потреб власного господарства.

Для отримання біогазу використовують гній, кукурудзяний силос, траву, соломку, курячий послід, пивну дробину, післяспиртову барду, жом (залишки переробки цукрових буряків), відходи переробки молока (молочна сироватка, лактоза), фруктові-ягідні відходи.

Переваги та обмежувальні чинники:

- ◆ Ефективне зброджування вимагає використання складних технологічних рішень та фахових знань. Тому для забезпечення рентабельності виробництва біогазу воно має бути достатньо велике: слід використовувати відходи щонайменше сотень голів худоби.
- ◆ Біогазові станції можуть використовуватися для утилізації відходів тваринницьких комплексів та спиртзаводів.
- ◆ Більшість субстратів мають значну вологість та малопридатні для транспортування. Тому біогазові станції доцільно розміщувати просто біля підприємств, що утворюють субстрати у процесі виробництва. У зв'язку із сезонністю сільського господарства на більшості біогазових станцій доводиться поєднувати відходи тваринництва і рослинництва.
- ◆ Електростанції на біогазові станції можуть продавати електрику за “зеленим” тарифом, що суттєво поліпшує їхні економічні показники.

Показники, необхідні для оцінки потенціалу, та порядок розрахунку.

Тут розглядається найпоширеніший варіант отримання біогазу: відходи тваринницького комплексу або великого виробництва на кшталт цукрового, спиртового заводів або очисних споруд міста, що поєднуються із місцевими відходами рослинництва. Інші шляхи поширені значно менше та вимагають детальних місцевих вишукувань.

Вихідні дані:

- ◆ список підприємств, що утворюють біологічні відходи;
- ◆ види та кількості біологічних відходів підприємств;
- ◆ види та кількості відходів рослинництва, що можуть бути зібрані (передусім, стебла кукурудзи та соняшника).

Дані можна отримати від:

- ◆ місцевих відділів та управлінь статистики (за запитом), а також зі статистичних щорічників;
- ◆ органів місцевого самоврядування (за запитом);
- ◆ від господарюючих суб'єктів (це може бути найкращий шлях, але господарства не зобов'язані надавати таку інформацію).

Біогаз із гною:

Залежність для розрахунку теоретичного потенціалу біогазу (т н.е.) із гною/послідом великої рогатої худоби (ВРХ), свиней та птиці:

$$E_{LS} = \sum_{i=1}^n \frac{365 \cdot N_i \cdot q_{mi} \cdot \frac{TS_i}{100} \cdot \frac{VS_i}{100} \cdot q_i^{bg} \cdot Q_{LHV}^{bg}}{Q_{LHV}^{oe} \cdot 1000}$$

де N_i – загальна кількість тварин i -го виду, голів;
 q_{mi} – питомий вихід гною/посліду для тварин/птиці i -го виду, кг/(гол·день);
 TS_i – вміст сухої речовини у гної/посліді тварин/птиці i -го виду, %;
 VS_i – частка органічної речовини у сухому залишку гною/посліду тварин/птиці i -го виду, %;
 q_i^{bg} – очікуваний питомий вихід біогазу з гною/послідом тварин/птиці i -го виду, м³/кг СОР (суха органічна речовина);
 Q_{LHV}^{bg} – очікувана нижча теплота згоряння біогазу (LHV), утвореного з гною/послідом тварин/птиці i -го виду, МДж/м³;
 $Q_{LHV}^{oe} = 41,868$ МДж/кг – нижча теплота згоряння нафтового еквіваленту.

⁸ Біогаз: сировина і особливості виробництва. <https://eenergy.com.ua/terminology/biogas/> (01.05.2019)

Таблиця Б.6

Коефіцієнти для розрахунку потенціалу біогазу:

Вид гною/посліду	q_{mi}	TSi	VS _i	q_i^{bg}	Q_{LHV}^{bg}
	кг/ (голів-день)	%	%	м³/кг СОР	МДж/нм³
Гній ВРХ:					
• господарства населення	45,35	86,7	16	0,35	23
• с/г підприємства	29,08				
Гній свиней	5,5	88,6	16	0,42	21
Послід курей	0,13	70	20	0,4	21

Технічний потенціал біогазу розраховується з теоретичного через множення на коефіцієнт технічної доступності гною/посліду K_t . Приймаємо це значення на рівні 0,9.

Економічний потенціал біогазу розраховується, виходячи з припущення про доцільність пріоритетного будівництва біогазових установок, які забезпечують роботу когенераційної установки потужністю принаймні 200 кВт. Таким чином, біогазовий реактор необхідного розміру варто встановлювати на сільськогосподарських підприємствах з такою орієнтовною чисельністю поголів'я: ВРХ > 2000 голів, свині > 9400 голів, птиця > 420000 голів. Ці величини є середніми для умов України та враховують наявну інформацію про переважну практику утримання тварин/птиці (що впливає на утворення рідкого або твердого гною/посліду та можливий обсяг його збирання).

Таблиця Б.7

Технічний потенціал біогазу з гною в Хмельницькій області, (т н. е.):

Вид гною/посліду	2013	2014	2015	2016	2017
ВРХ. господарства населення	726,7	621	622,6	632,2	643,3
ВРХ с/г підприємства	199,5	267,3	266,3	260,1	253
Свині	194,2	185	183,4	177,6	179,3
Птиця	130,3	115	99,17	108,9	82,3
Всього	1250,7	1188,3	1171,4	1178,8	1157,9

Дрова:

Енергокультури для виробництва біогазу:

$$Pe = Sec \cdot K_a^{bg} \cdot C^{bg} \cdot q_{ec}^{bg} \cdot K_t^{bg} \cdot K_{oe}^{bg} / 1000, (10)$$

де Sec – площа вільних сільськогосподарських земель; розраховується як наведено в роз'ясненнях до залежності (9).

$K_a^{bg} = 0,25$ (орієнтовне значення) – коефіцієнт, що визначає яка частка вільних с/г земель може бути використана для вирощування енергетичних культур на біогаз (для розрахунку теоретичного потенціалу біомаси). Коефіцієнт має бути уточнений з урахуванням місцевих умов;

C^{bg} – врожайність енергетичної культури на біогаз, т/га-рік;

q_{ec}^{bg} – очікуваний питомий вихід біогазу з енергетичної культури, м³/т. Для силосу кукурудзи значення за замовчуванням $q_{ecbg} = 185$ м³/т;

K_t^{bg} – коефіцієнт технічної доступності біомаси (для розрахунку технічного потенціалу, який у цім випадку співпадає з економічним). Для силосу кукурудзи значення за замовчуванням $K_tbg = 0,7$;

K_{oe}^{bg} – коефіцієнт перерахунку потенціалу біогазу у нафтовий еквівалент. Для біогазу із силосу кукурудзи значення нижчої теплотворної здатності за замовчуванням становить 20 МДж/м³.

Відповідно, $K_{oe}^{bg} = 0,478$.



Технічний потенціал біогазу розраховується з теоретичного через множення на коефіцієнт технічної доступності гною/посліду Kt. Приймаємо це значення на рівні 0,9.

Економічний потенціал біогазу розраховується, виходячи з припущення про доцільність пріоритетного будівництва біогазових установок, які забезпечують роботу когенераційної установки потужністю принаймні 200 кВт. Таким чином, біогазовий реактор необхідного розміру варто встановлювати на сільськогосподарських підприємствах з такою орієнтовною чисельністю поголів'я: ВРХ > 2000 голів, свині > 9400 голів, птиця > 420000 голів. Ці величини є середніми для умов України та враховують наявну інформацію про переважну практику утримання тварин/птиці (що впливає на утворення рідкого або твердого гною/посліду та можливий обсяг його збирання).



2.3.2

Біогаз зі звалищ:

Біогаз виробляється природним шляхом за рахунок анаеробних бактерій на полігонах твердих побутових відходів, його називають звалищним газом. Звалищний газ із високим вмістом метану може бути небезпечним для людей і навколишнього середовища, оскільки є легкозаймистим. Метан також є парниковим газом. Біогаз містить у невеликих кількостях сірководень, що при високих концентраціях є шкідливим і потенційно токсичним з'єднанням.

Переваги та обмежувальні чинники:

- ♦ має сенс лише на великих (обслуговують більше 100 тис. мешканців) облаштованих полігонах твердих побутових відходів;
- ♦ більшість біогазу від давно складованих відходів уже потрапила в атмосферу. Це дуже ускладнює розрахунки;
- ♦ забір біогазу підвищує пожежну безпеку звалищ.

Вихідні дані:

- ♦ список полігонів твердих побутових відходів з даними про накопичені відходи та поточний рівень накопичення відходів.

Дані можна отримати від:

- ♦ місцевих відділів та управлінь статистики (за запитом), а також зі статистичних щорічників;
- ♦ органів місцевого самоврядування (за запитом);
- ♦ від господарюючих суб'єктів (це може бути найкращий шлях, але господарства не зобов'язані надавати таку інформацію).

Розрахунок енергетичного потенціалу біогазу зі звалищ:

Для попередньої оцінки енергетичного потенціалу звалищного газу найчастіше застосовують методику Landfill Gas Generation Model (LandGEM), яку рекомендує Американське агентство охорони навколишнього середовища (US EPA)⁹.

■ Рівняння утворення біогазу зі звалищ:

$$Q = 2 * k * L_0 * M * e^{-kt}$$

де Q – об'єм утворення біогазу, м³;

k – швидкість розкладу відходів. Для полігонів в місцевостях, що мають менше 635 мм атмосферних осадів на рік приймаємо k=0,02;

L₀ – потенціал утворення метану, м³ / м³;

M – кількість вивезених відходів, м³ / рік;

t – вік відходів, роки.

■ Також розрахунок енергетичного потенціалу біогазу можна проводити за формулою¹⁰:

$$V_{p.б.} = P_{ТПВ} * K_{л.о.} * (1-Z) * K_p,$$

де V_{р.б.} - розрахункова кількість біогазу, м³ ;

P_{ТПВ} - загальна маса ТПВ, які складаються на полігоні, кг;

K_{л.о.} - вміст органіки, що легко розкладається, в 1 т відходів (К л. о. = 0,5-0,7);

Z - зольність органічної речовини (Z = 0,2-0,3);

K_р - максимально можливий ступінь анаеробного розкладання органічної речовини за розрахунковий період (K_р = 0,4-0,5).

⁹ Петрушка, І. М., О. Р. Попович, and Г. О. Жук. "Біогазовий потенціал Львівського полігону твердих побутових відходів." (2009).

¹⁰ ДБН В.2.4-2:2005 «Полігони твердих побутових відходів. Основні положення проектування»

Для врахування непередбачених обставин застосовуються коефіцієнти при розрахунку питомого об'єму біогазу, що можна зібрати з 1 т твердих побутових відходів:

$$V'_{p.б.} = V_{p.б.} * K_{\kappa} * K_{н.о.}$$

де $V'_{p.б.}$ - розрахункова кількість біогазу, м³

K_{κ} - коефіцієнт ефективності системи збору біогазу ($K_{\kappa}=0,5$);

$K_{н.о.}$ - коефіцієнт поправки на непередбачені обставини ($K_{н.о.}=0,65 - 0,70$).

2.4

Вирощування енергетичних культур:

Енергетичні культури – це рослини, які вирощують спеціально для виробництва біоенергетичного палива (твердого, рідкого, газоподібного).

Згідно з даними Держенергоефективності¹¹, в Україні налічується близько 4 млн га малородючих земель, які можна використовувати для вирощування енергетичних культур. Якщо охопити весь потенціал – 4 млн га цих культур, то обсяг заміщення газу сягне 20 млрд м.³

До малопродуктивних чи малородючих земель належать сільськогосподарські угіддя, ґрунти яких характеризуються негативними природними властивостями, низькою родючістю, а їхнє господарське використання за призначенням є економічно неефективним¹².

Переваги та обмежувальні чинники:

Вирощування та врожайність енергетичних культур прямо залежить від ґрунтових, кліматичних та інших умов. Культури мають різну потребу у водному режимі, можуть значно відрізнятися за морозо- і посухостійкістю. Вибір тієї чи іншої енергетичної культури залежить в тому числі від виду ландшафту. Обов'язково потрібно визначитись зі строками та способами збирання врожаю, його зберіганням, переробкою та транспортуванням (економічно доцільна відстань транспортування біомаси як палива не повинна перевищувати 50 км).

Вихідні дані:

♦ вихідними даними є наявність малопродуктивних чи малородючих земель розміром не менше 2-5 га, які відповідають вимогам для вирощування певного виду рослин (енергетичної культури), та знаходяться на економічно доцільній відстані транспортування (не далі 50-ти км).

Дані можна отримати від:

- ♦ місцевих відділів та управлінь статистики (за запитом), а також зі статистичних щорічників;
- ♦ департаменту агропромислового розвитку при ОДА;
- ♦ із сайту держгеокадастру (карта);
- ♦ від виробників с/г продукції.

Розрахунок енергетичного потенціалу енергетичних культур виконується за залежністю:

$$Pe = \sum_{i=1}^n S_{ec} \cdot K_{asbi} \cdot C_{sbi} \cdot K_{t-sbi} \cdot K_{oe-sbi} \text{ (т н.е.)}$$

де S_{ec} – площа вільних сільськогосподарських земель;

K_{asbi} – коефіцієнт, що визначає, яка частка вільних с/г земель може бути використана під енергетичні культури і-го виду для отримання твердої біомаси (для розрахунку теоретичного потенціалу). Коефіцієнт визначається з урахуванням місцевих умов. Орієнтовне значення: $K_{asbi} = 0,25$ для всього «набору» енергокультур, призначених для отримання твердої біомаси;

C_{sbi} – урожайність енергокультури і-го виду;

$K_{t-sbi} = 0,9$ – коефіцієнт технічної доступності біомаси;

K_{oe-sbi} – коефіцієнт перерахунку потенціалу біомаси у нафтовий еквівалент.

¹¹ "Енергетичні культури в Україні – цінне джерело біомаси та значний потенціал для заміщення газу" 12.08.2016 <http://saee.gov.ua/uk/news/1282>.

¹² Земельний кодекс України. Закон України від 25.10. 2001 № 2768-III <http://zakon5.rada.gov.ua/laws/show/2768-14> (2013).

Таблиця Б.8

Показники для розрахунку потенціалу енергетичних культур:

Вид енергокультури:	Csb, т с.р./ (га*рік)		K _{oe-sbl}
	Достатній обсяг осадів	Нестача осадів	
Тополя	12	8	0,442
Верба	10	8	0,430
Міскантус	12	10	0,406

Вибір енергетичної культури¹³:

Енергетична культура	Кількість опадів, мм/рік	Температура t° C	Вимоги до ґрунту, рН	Періодичність збору врожаю	Життєвий цикл, років	Врожайність, т/га/рік
Міскантус	500-700	25-32, морозостійкий	5,5 - 7,5	щорічно	щорічно	15-20 (після 2-го року)
Верба	650-700	15-26	5 - 7	1 раз на 3 роки	1 раз на 3 роки	12,4-22,7 (свіж.)
Просо прутоподібне	380-760	Посухостійкий	5,5 - 7	щорічно	щорічно	7-14
Тополя	більше 600	15-25	6-7	1 раз на 2-3 роки	1 раз на 2-3 роки	10-20 (сух.)
Сорго багаторічне	460-760	Посухостійкий	5-8,5	щорічно	щорічно	10-17 (сух.)
Сильфій пронизанолистий	Стійкий до паводків	5-40, морозостійкий	5,5-7,5	щорічно	щорічно	15-20 (сух.)
Павловнія	750	-25-45*	5,1-8,9	1 раз на 3 роки	1 раз на 3 роки	50-60 (свіж.)

*Дані для клону Paulownia Clone in Vitro 112

Під час оцінки енергетичних культур слід враховувати основні вимоги до ділянки для плантації:

1. Розмір плантації та доступність доріг:

- ♦ Залежно від призначення плантації, економічно вигідними є ділянки не менше 2-5 га.
- ♦ Хороший доступ до сільських доріг забезпечить легкий прохід необхідної техніки для догляду за плантацією. Дороги з твердим покриттям повинні знаходитись якомога ближче до плантації для забезпечення стабільного вивозу біомаси під час збору врожаю взимку.
- ♦ Для великих плантацій ділянки зі схилами не повинні перевищувати 10 % плантації для уникнення проблем із технікою, особливо під час високої вологості.
- ♦ Невеликі ділянки доцільно використовувати фермерам для покриття власних енергетичних потреб за умови використання переважно власної ручної праці.

2. Ґрунти:

- ♦ Середні і важкі суглинки, які добре аеровані та утримують вологу, є ідеальними для енергетичних культур.
- ♦ Уникати використання легких піщаних ґрунтів через можливу проблему з доступністю води.
- ♦ Уникати мілких ґрунтів, на яких врожайність буде меншою.
- ♦ Ґрунти з рН 5-7,5 або посадковий матеріал, толерантний до рН поза цими межами.
- ♦ Вибір для ділянки заплав і чутливих водно-болотних угідь може ускладнити роботу важкої техніки, особливо для посадки та збору врожаю.
- ♦ Для вологих ґрунтів використання важкої техніки рекомендовано або у дуже сухі періоди, або коли ґрунт мерзлий.

3. Клімат:

- ♦ Для південного клімату підходять культури, чутливі до низьких температур, але водночас стійкі до посухи.
- ♦ Перевагу слід віддавати посадковому матеріалу, який пройшов випробування за місцевих умов та вдало

¹³ "Звіт з виконання наукового дослідження «Карта енергетичного потенціалу біомаси у Вінницькій області» (2018)

◆ Найчастіше вирощують вербу і тополь, які походять з північної помірної кліматичної зони та є переважно морозостійкими, але вони можуть давати незадовільні врожаї на територіях з менш вологими ґрунтами.

4. Доступність води:

- ◆ Перевага територіям із більшою кількістю опадів, або доступом до ґрунтових вод чи іншою доступністю води (водні об'єкти, стічні води).
- ◆ Потреба у воді зазвичай більша, аніж для інших с/г культур на тих же територіях.
- ◆ Достатня кількість вологи в ґрунті на етапі вкорінення є критичною для успіху плантації.
- ◆ Важливо виконувати посадку не в посушливий період.
- ◆ Потреба у воді відрізняється для різних видів, сортів та клонів.
- ◆ Важливо підібрати культуру до конкретних умов ділянки.

5. Ландшафтне розташування:

- ◆ На сільських дорогах краї ділянок теж мають бути достатні, особливо для повороту збиральної техніки (не менше 6-7 м).
 - ◆ Не варто створювати плантації під лініями електропередач.
 - ◆ На відкритих територіях, де вирощуються однорічні сільськогосподарські культури, вирощування багаторічних з 2-3 річним циклом надасть різноманітності ландшафту.
- Плантації вздовж автошляхів на землях, що зазвичай не використовуються, повинні мати широкі краї, щоб не впливати на видимість дороги для водіїв.
- ◆ Уникати створення плантації на або близько до ділянок з історичною чи культурною цінністю.
 - ◆ Збір врожаю у різних частинах плантації за різними циклами створює більш різноманітний ландшафт¹⁴.

¹⁴ Агрономічні вимоги до вирощування енергетичних культур. Проект FORBIO програми Горизонт 2020. Олександра Трибой <http://www.uabio.org/img/files/Events/pdf/tryboi-secbiomass-agro-seminar-forbio-kyiv-21022018-ua.pdf>

БЛОК 3. Вітрова енергетика:

Галузь відновлюваної енергетики, яка спеціалізується на перетворенні кінетичної енергії вітру в електричну енергію, що має позитивний екологічний ефект, на відміну від викопних видів палива. Наприклад, вітряна електростанція (ВЕС) потужністю 1 МВт за 20 років дозволяє зберегти близько 29 тис. тонн вугілля або 92 тис. барелів нафти. Щорічно застосування такого генератора запобігає викиду в атмосферу 1800 тонн CO₂, 9 тонн SO₂, 4 тонн оксидів азоту. У той же час вітрова енергетика також може мати негативні наслідки, тому в процесі аналізу потенціалу вітрової енергетики варто звернути увагу на рекомендації екологічних організацій (Національний екологічний центр України, ЕкГ «Печеніги», Українська вітроенергетична асоціація), які дозволяють запобігти ряду проблем екологічного характеру.



РЕКОМЕНДАЦІЇ ДЛЯ ОРГАНІВ МІСЦЕВОГО САМОВРЯДУВАННЯ ТА ІНВЕСТИТОРІВ

- ◆ 1. Не допускати відведення земель у межах територій природно-заповідного фонду і на ділянках, де планується створити об'єкти природно-заповідного фонду.
- ◆ 2. Не допускати відведення степових ділянок, що є місцем поширення рідкісних видів флори і фауни.
- ◆ 3. Для попередження проблем із природоохоронним законодавством, необхідно на етапі відбору земельної ділянки для відведення проводити виявлення рідкісних і зникаючих видів рослин, тварин, грибів та лишайників, а також рослинних угруповань, занесених до Зеленої книги України, з метою недопущення відведення ділянок, на яких зустрічаються вказані види та угруповання (тут слід звертатись до Національної Академії Наук України, а також до Мінприроди України).
- ◆ 4. При виборі ділянки для спорудження враховувати небезпеку виникнення ерозійних процесів, що можуть призвести до недовговічної експлуатації вітроустановки і шкоди полям, які знаходяться в околицях вітропарку. Необхідно уникати близькості схилів, балок, урвищ і відмовлятися від ділянок, розташованих вздовж схилів.
- ◆ 5. За можливості, проводити розташування ВЕС в межах сільськогосподарського ландшафту, а самі споруди та генеруючі установки в лісосмугах. Наприклад, споруджувати ВЕС в деградованих лісосмугах між полями, на колишніх тваринницьких комплексах або рисових чеках, солонцях, тим самим не пошкоджуючи орні землі та природні ділянки.
- ◆ 6. Дотримуватись рекомендацій, зазначених у ОВД (оцінка впливу на довкілля).
- ◆ 7. При проектуванні інфраструктури ВЕС в степовій зоні максимально використовувати наявну дорожню мережу, мінімізувати прокладання нових доріг як в межах ділянки ВЕС, так і поза нею.
- ◆ 8. Прокладати комунікації під ріллею, що зменшує загальну площу пошкоджених будівництвом територій, оскільки функції ріллі легко відновлюються після завершення робіт.

Перший етап (базовий аналіз вітру):

Передусім слід визначити територію, яка за показниками сили та швидкості вітру має перспективу проведення технічного аналізу можливості реалізації проектів вітрової енергетики. Ці показники можна отримати з публічних джерел, наприклад, на сайті <https://globalwindatlas.info/>. Варто брати до уваги територію з позначками, які ближчі до середніх показників сили (понад 230 W/m²) та швидкості (понад 5.80+ m/s) вітру.

За результатами першого етапу ви зможете окреслити орієнтовні межі території для подальшого аналізу.

Важливо: для визначення потенціалу вітрової енергетики необхідно отримати якомога більше інформації про добові та сезонні зміни вітру на визначеній території, зміну швидкості вітру в залежності від висоти над поверхнею землі, кількість поривів вітру за короткі відрізки часу, а також статистичні дані за останні 10-20 років, інше. Переважно, детальні розрахунки щодо конкретної території потребують залучення спеціалізованих технічних засобів, експертів вітрової енергетики та фінансових ресурсів.

Другий етап (оцінка мереж та підстанцій):

Маючи орієнтовні межі території, де теоретично можна розмістити ВЕС, потрібно отримати від енергопостачальної компанії інформацію щодо технічної можливості приєднання максимальних потужностей ВЕС до зовнішніх мереж у межах визначеної території.

Отримати цю інформацію можна через письмове звернення (лист від фізичної або юридичної особи) або усно (запис на особистий прийом до спеціаліста, відповідального за технічні питання).

У результаті другого етапу ви отримаєте уявлення щодо можливості підключення до мереж, які розташовані в районі потенційного розміщення ВЕС.

Важливо:

інформація про можливість приєднання, яку нададуть в енергопостачальній компанії, буде актуальна на день її отримання. Враховуючи, що з моменту дослідження вітрового потенціалу в межах конкретної території до процесу введення ВЕС в експлуатацію може пройти рік або більше, ситуація з можливістю приєднання ВЕС до зовнішніх мереж може змінитись. Наприклад, обленерго вас повідомило, що на час надання інформації є змога приєднання в конкретному районі 100 МВт потужності. Проте протягом періоду дослідження вітрового потенціалу може з'явитись зацікавлений реалізувати подібний проект, і якщо йому нададуть технічні умови на приєднання раніше, це зменшить резерв потужності.

Третій етап (аналіз земельних ділянок):

Визначивши територію, яка відповідає необхідним вимогам щодо сили та швидкості вітру, отримавши інформацію про максимальну допустиму потужність для потенційного підключення ВЕС в межах визначеної території, слід перейти до пошуку земельних ділянок.

Слід звернути увагу на фактори, які унеможливають реалізацію проектів вітрової енергетики або спричиняють додаткові перешкоди:

- ◆ наближеність до аеропортів та злітних смуг. Ділянки для розміщення ВЕС мають бути на відстані не менше 3 км;
- ◆ ділянки, де вже розміщені ВЕС;
- ◆ ділянки в межах природоохоронних зон, враховуючи шляхи міграції птахів;
- ◆ ділянки, які мають історичну цінність, археологічні зони;
- ◆ наближеність ділянки до населеного пункту не менше 700 м.;
- ◆ відстань від ділянки до підстанції (точки підключення) повинна бути економічно обґрунтованою.

Пошук ділянок потрібно здійснювати використовуючи дві карти:

- ◆ Кадастрову карту України (<https://map.land.gov.ua/kadastrova-karta>).
- ◆ Карта мереж та підстанцій (знаходиться на сайті енергопостачальної компанії).

Приклад: для зведення середнього за потужністю вітрового парку (40 МВт), слід брати до уваги ЛЕП 110 та шукати ділянку в межах 3 км від мереж, де можна розмістити 10 вітряків по 4 МВт кожний. Відстань між вітряками має бути орієнтовно 600 метрів, їхнє розташування може бути в ряд протяжністю 6 км, або в шаховому порядку на меншій території. Площа, необхідна для встановлення одного вітряка – 0,25 га (саме ця ділянка береться в оренду, а не вся лінія протяжністю 6 км) + під'їзні шляхи за необхідності.

Важливо: обов'язково потрібно врахувати логістичні особливості для транспортування мачи та лопастей вітрогенератора, великогабаритної будівельної техніки. Перевезення комплектуючих до вітряка, в залежності від його типу та потужності, має вимоги до радіусу поворотів, ширини дороги, навантаження на мости, інше. Вищеперераховану інформацію можуть надати постачальники обладнання та організації, які здійснюють будівництво ВЕС.

БЛОК 4. Гідроенергетика:

Гідроелектричні станції залежно від потужності поділяють на такі:

- ♦ потужні – виробляють від 25 МВт до 250 МВт і вище;
- ♦ середні – до 25 МВт;
- ♦ малі гідроелектростанції – електричні станції, що виробляють електричну енергію за рахунок використання гідроенергії, встановлена потужність якої становить більше 1 МВт, але не перевищує 10 МВт, що встановлено Законом України «Про електроенергетику»;
- ♦ мінігідроелектростанції – електричні станції, що виробляють електричну енергію за рахунок використання гідроенергії, встановлена потужність якої становить більше 200 КВт, але не перевищує 1 МВт, що встановлено Законом України «Про електроенергетику»;
- ♦ мікрогідроелектростанції – електричні станції, що виробляють електричну енергію за рахунок використання гідроенергії, встановлена потужність якої не перевищує 200 КВт, що встановлено Законом України «Про електроенергетику».



Гідроелектростанції (ГЕС) генерують енергію завдяки руху водних мас. Станції будують на річках, споруджуючи греблі, водосховища.

Головною перевагою малої гідроенергетики є дешевизна електроенергії, генерованої на гідроелектростанціях, відсутність паливної складової в процесі генерації електроенергії, позитивний економічний ефект¹⁷.

Із недоліків ГЕС варто відзначити:

- ♦ втрата біорізноманіття;
- ♦ затоплення земель для створення дамб;
- ♦ вплив на швидкість течії в річці;
- ♦ складність регулювання кількості води в дамбі (навесні – паводки, влітку – посуха);
- ♦ втрата туристичної привабливості території, що є джерелом заробітку місцевого населення;
- ♦ можливість зростання соціальної напруги в місцях будівництва ГЕС;
- ♦ виникнення екологічно несприятливих процесів: зсувів, паводків, ерозії, втрати питної води, що впливає на комфорт та здоров'я місцевого населення.

Також WWF в Україні наполягає на тому, що подальший розвиток МГЕС можливий в Україні лише за умови вироблення прозорої збалансованої державної політики, узгодженої з екологічним національним та міжнародним законодавством¹⁸.

Гідроелектростанції поділяються на потужні, середні і малі гідроелектростанції. Спорудження останніх здатне використовувати потенціал малих річок України. У світі поки не існує загальноприйнятого визначення того, що таке мала ГЕС. Як основна характеристика прийнята їхня встановлена потужність. В Україні – гідроелектростанції з потужністю до 10 МВт.

За даними ПрАТ «Укргідроенерго», загальний гідроенергетичний потенціал України становить орієнтовно 17,5 млрд. кВт/г, з якого використовується близько 11 млрд. кВт/г. Невикористаний ефективний потенціал становить 6,5 млрд. кВт/г. Частка використання економічно ефективного гідроенергетичного потенціалу в Україні становить понад 60 %, що порівняно з іншими країнами не є високим показником: Італія, Франція, Швейцарія – 95-98 %, США – 82 %.

Розмір «зеленого» тарифу для ГЕС можна дізнатися на сайті Національної комісії, що здійснює державне регулювання у сферах енергетики та комунальних послуг: <http://www.nerc.gov.ua>.

Для визначення гідроенергетичного потенціалу спорудження великих, середніх та малих ГЕС, слід ознайомитись із «Планом розвитку генеруючих потужностей гідроенергетики на період до 2026 року», який схвалено розпорядженням КМУ від 13.07. 2016 р. № 552-р. Цей документ містить перелік потенційних

¹⁷ Мала гідроенергетика України. Аналітичний огляд. Том I" ТОВ «Інститут проблем екології та енергозбереження» (2018)

¹⁸ Позиція WWF щодо розвитку малої гідроенергетики в Україні (2018)

економічно привабливих об'єктів, які з'являться в Україні до 2026 року. Знайти документ можна на сайті: <https://uhe.gov.ua/> (ПрАТ "Укргідроенерго").

Приклад розрахунку гідроенергетичного потенціалу, який доцільно використовувати для попереднього аналізу наведено в роботі "Мала гідроенергетика України. Аналітичний огляд. Том I" Інституту проблеми екології та енергозбереження на замовлення WWF.

Більш точний алгоритм розрахунку гідроенергетичного потенціалу річок та інформація щодо річок (а також дані щодо багаторічних витрат води) наведено в роботі "Технічний потенціал гідроенергетичних ресурсів малих річок України" - Мороз А.В.¹⁹.

Розрізняють такі категорії гідроенергетичного потенціалу:

- ♦ загальний (природний теоретичний);
- ♦ екологічний;
- ♦ технічно можливий;
- ♦ економічно обґрунтований.

Найбільш узагальнювальним показником, що характеризує гідроенергетичну потужність водотоку, є загальний гідроенергетичний потенціал – характеристика повної теоретичної енергії річкового стоку.

Для визначення цього потенціалу обчислюється потужність енергії стоку води, використовуючи метод сумарного поділянкового обліку.

Його сутність полягає в тому, що проводиться оцінка загальної потужності всіх ділянок річки, які потенційно можна енергетично використати. Основними критеріями для вибору ділянок є наявність більш-менш однорідного похилу (наприклад, поріжно-водоспадні з похилом > 30%), або значна бокова приточність, яка змінює гідравлічні умови річки.

Для кожної ділянки визначається її загальна потужність (N , кВт) за наступною формулою:

де g – прискорення вільного падіння ($g = 9,81$ м/с²);

$Q_1, i Q_2$ – витрати води на початку та в кінці ділянки м³/с;

$H_1, i H_2$ – абсолютні відмітки на початку та в кінці ділянки, м.

Сумарна потужність усіх ділянок складає загальний енергетичний потенціал річки і визначається за формулою:

де N_1, N_2, N_3 – потужності кожної з ділянок.

Для кожної ділянки річки можна встановити також потенціальні річні запаси гідроенергії (E , кВт·год/рік), які визначаються за формулою:

де T – кількість годин у році.

Вираз $T \cdot g$ у розрахункових потенціальних запасах гідроенергії приймається рівним 85935.

Загальний гідроенергетичний потенціал річок не може бути використаний у повному обсязі, що обумовлюється наступними обставинами:

- ♦ суттєве затоплення територій у результаті спорудження водосховищ ГЕС;
- ♦ екологічно не вигідне спорудження та використання електроенергії нерентабельних ГЕС на ряді річок;
- ♦ втрати енергії при її виробництві (внутрішнє тертя, гідромеханічні втрати, втрати в енергетичному обладнанні);
- ♦ природні та техногенні втрати води з водосховищ (випаровування, забори води);
- ♦ втрати напору в гідравлічних спорудах;
- ♦ гідравлічні втрати напору на кривій підпорі;
- ♦ неможливість енергетичного використання верхів'я та нижніх (пригирлових) ділянок річок;
- ♦ заборона використовувати в господарській діяльності ділянки річок, які входять до території природно-заповідного фонду;
- ♦ неможливість (недоцільність) енергетичного використання річок, пов'язаних з ендегенними та екзогенними процесами та орографією басейну.

Вказані обставини підсилюються екологічними проблемами, що виникають при гідроенергетичному використанні річок. Особливо це стосується гірських та напівгірських водотоків, де екологічно науково необґрунтоване енергетичне використання їх водних ресурсів може призвести до неповторних змін їхніх

¹⁹ Мороз, А. В. "Технічний потенціал гідроенергетичних ресурсів малих річок України" дис. на здобуття наук. ступ. канд. техн. наук. – К.: Інститут відновлюваної енергетики НАН України (2015).

екосистем.

Необхідно обчислювати гідроенергетичний потенціал річок з урахуванням втрат викликаних різними екологічними та технічно-економічними аспектами (наявність об'єктів природно-заповідного фонду на водозборі поблизу водотоків, прояв небезпечних геолого-геоморфологічних процесів). Отже, розраховується спочатку екологічний, а потім технічно можливий потенціал.

Під екологічним гідроенергетичним потенціалом (ЕкГП) розуміється така частина ЗГП, яка виключає з обсягів загальної гідроенергетичної потужності водотоку енергетичну потужність тих ділянок річки, які відзначаються високою екологічною цінністю і не можуть бути використані в господарсько-енергетичних цілях. ЕкГП це складова загального гідроенергетичного потенціалу, яка є важливою, доцільною та необхідною при визначенні енергетичних потужностей водотоків регіонів. Його необхідність диктується передусім збереженням річкових водних об'єктів та їх відповідності вимогам Водної Рамкової Директиви ЄС через мінімізацію господарської освоєності та завантаженості. Поряд з цим, варто також враховувати основні положення Директиви ЄС "Про оцінку та управління ризиками наводнень".

Під екологічним гідроенергетичним потенціалом (ЕкГП) розуміється така частина ЗГП, яка виключає з обсягів загальної гідроенергетичної потужності водотоку енергетичну потужність тих ділянок річки, які відзначаються високою екологічною цінністю і не можуть бути використані в господарсько-енергетичних цілях. ЕкГП це складова загального гідроенергетичного потенціалу, яка є важливою, доцільною та необхідною при визначенні енергетичних потужностей водотоків регіонів. Його необхідність диктується передусім збереженням річкових водних об'єктів та їх відповідності вимогам Водної Рамкової Директиви ЄС через мінімізацію господарської освоєності та завантаженості. Поряд з цим, варто також враховувати основні положення Директиви ЄС "Про оцінку та управління ризиками наводнень".

Основними критеріями для встановлення ЕкГП є:

- ◆ наявність у річковому басейні природоохоронних територій (гідрологічні, ландшафтні заказники, регіональні ландшафтні парки, національні природні парки, заповідники тощо);
- ◆ співвідношення середньорічного стоку до мінімального ($Q_{сер}/Q_{мін}$) (у верхів'ях річок, незважаючи на значні похили русел [великий напір], відзначають малий стік води; його використання можливе лише з урахуванням співвідношення $Q_{сер}/Q_{мін}$, як 1/5-1/7, тобто за умови, коли стік у верхів'ї водотоку становить 14-20 % від загального стоку. При збільшенні цих співвідношень оцінка гідроенергоресурсів не проводиться).

За підрахунками фахівців більшість верхів'їв річок, які є дуже малими за водністю (потічки), не можуть бути використані у гідроенергетичних цілях. Така умова сприятиме збереженню їх екологічного стану та природного потенціалу.

Що стосується першого критерію при встановленні екологічного потенціалу, то виключення із загальної оцінки ділянок водотоків, що входять до охоронних територій, забезпечить збереження природних ландшафтів та референційних умов, в яких знаходяться річки та їх водозбори.

Технологічні особливості встановлення екологічного гідроенергетичного потенціалу майже за всіма пунктами співпадають із встановленням загального. Таким чином, при оцінці ЕкГП особлива увага приділяється ділянкам річок, які не задовольняють співвідношення $Q_{сер}/Q_{мін}$ та тим, що протікають в межах природно-заповідного фонду.

Частина ЗГП з виключенням ЕкГП та потенційних втрат потужності водотоку за рахунок природно-антропогенних особливостей території, і яка реально може бути використана в гідроенергетичних цілях називається **технічно можливий гідроенергетичний потенціал (ТМГП)**. Під ним можна розуміти ту частину гідроенергетичного потенціалу, яка є технічно можливою (економічно ефективною) для використання.

Технічно можливий потенціал визначають виходячи з потенціалу водних ресурсів, які варто зменшити як ризики від втрат, пов'язані з фільтрацією та випаровуванням, неможливістю повного використання стоку річки (слабке його регулювання, можливі відбори води, відсутність комунікацій та ЛЕП, тощо). Його величина залежить також від геологічних умов (середовища) – тектонічні розломи, тектонічні рухи, землетруси (8-9 балів та вище), карст, зсуви та селі, гідрогеологічних умов – рівень залягання підземних вод, орографії басейну – крутизна схилів, фізичних властивостей ґрунтів – суфозія, просідання, набрякання, тощо.

Для річок Східноєвропейської рівнини втрати енергії, пов'язані із втратами водних ресурсів (втрати напору і втрати стоку) зазвичай можуть змінюватися в межах від 3 до 10 %. Причому максимальні значення характерні для дериваційних ГЕС. Механічні втрати при перетворенні гідравлічної енергії в електричну можуть складати 11-13 %. Разом величина цих втрат максимально може становити 22-24 %. При старих конструкціях ГЕС та їх турбін вони неминучі. Отже, мінімальне реальне використання ЗГП становить орієнтовно 87 %, а в окремих випадках може досягати 75 %.

2019

Ця методика була підготовлена ГО "Екоклуб" та Хмельницьким енергетичним кластером за фінансової підтримки Європейського Союзу та Міжнародного фонду "Відродження" в рамках грантового компоненту проекту "Громадська синергія" під егідою Української національної платформи Форуму громадянського суспільства Східного партнерства. Зміст цієї публікації є винятковою відповідальністю ГО "Екоклуб" та Хмельницького енергетичного кластеру і не відображає точку зору Європейського Союзу та Міжнародного фонду "Відродження".



МІЖНАРОДНИЙ
ФОНД
ВІДРОДЖЕННЯ



НАЦІОНАЛЬНА ПЛАТФОРМА
Форуму громадянського суспільства
СХІДНОГО ПАРТНЕРСТВА



ХМЕЛЬНИЦЬКИЙ
ЕНЕРГЕТИЧНИЙ
КЛАСТЕР



Екоклуб