

Варіанти використання території Каховського водосховища для виробництва енергії та сталого відновлення

Аналітична записка

Підготували експерти Українського кліматичного офісу:
Епик Олексій, Брюховецька Марія, Джулія Джессон

Редакція: Епик Олексій

Березень 2025

Аналітична записка підготовлена в рамках проекту «Capacities for Climate Action», що виконується GIZ на замовлення Федерального міністерства економіки та захисту клімату Німеччини (BMWK) в рамках Міжнародної кліматичної ініціативи (IKI) та співфінансується Європейським союзом автор — Олексій Енік.

Видавець:
Deutsche Gesellschaft für
Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH

Фото:
www.061.ua, www.uncg.org.ua, www.euneighbourseast.e, www.freepik.com,
www.en.wikipedia.org, www.ceenergynews.com, www.wownature.in.ua

Зареєстровані офіси:
Bonn and Eschborn, Germany

Address:
Postcode and town, country
T +49 61 96 79-0
F +49 61 96 79-11 15
E info@giz.de
I www.giz.de/en

Юридична адреса проекту:

01004, Україна, м. Київ,
Вул. Антоновича, 16В,
+38 044 594 07 60
+38 044 594 07 64
www.giz.de/ukraine-ua

© 2025

Зміст

Передмова	5
Перелік скорочень, термінів, одиниць виміру	6
1. Ціль аналітичного документу	7
2. Порівняння різних альтернатив щодо відновлення	9
2.1 Відновлення каховської ГЕС — мотиви і проблемні питання	9
2.2 Сценарій збереження і природного відновлення Великого Лугу	14
2.3 Сценарій впровадження малих та плаваючих ГЕС	15
2.4 Сценарій вирощування енергокультур на окремих ділянках дна водосховища	18
2.5 Сценарій впровадження комбінації ВДЕ (СЕС, ВЕС та інших)	22
2.6 Порівняння сценаріїв	23
3. Аналіз процесу природного відновлення дна Каховського водосховища в контексті інтеграції енергетичних культур	27
4. Погляди експертів-екологів на відновлення Каховської ГЕС	31
5. Опис сценарію використання енергокультур	34
6. Універсальність сценарію енергокультур	38
7. Комбінований сценарій відновлення	42
8. Джерела цільового фінансування проектів відновлення і рекультивації території колишнього водосховища	44
Висновки	52

Перелік таблиць

Таблиця 1. Характеристики ГЕС і водосховищ Дніпровського каскаду	15
Таблиця 2. Порівняння альтернатив за визначеними параметрами	24
Таблиця 3. Вихідні дані для розрахунку сценаріїв посадок енергетичних рослин на дні Каховського вдсх	34
Таблиця 4. Кількість енергії від енергетичних рослин — ЗПЕЕ і КЕС за 1 рік і за цикл ротації 20 років для максимального сценарію 210 000 га	35
Таблиця 5. Співвідношення кінцевої енергії від енергетичних рослин і кінцевої енергії, виробленої на потенційній Каховській ГЕС (у виразі кінцевого енергоспоживання — КЕС)	35
Таблиця 6. Зведені показники комбінованого варіанту відновлення	43
Таблиця 7. Міжнародні і національні програми фінансування проектів відновлення (що не фінансують відбудову великих ГЕС, але фінансують зелені проекти різних типів)	46

Перелік ілюстрацій

Ілюстрація 1. Русло Дніпра до і після будівництва Каховського заводу та після його руйнування у 2023 році	11
Ілюстрація 2. Рівень води у ставку-охолоджувачі ЗАЕС станом на 06:00 23 червня 2023 року	12
Ілюстрація 3. Ілюстративний приклад розміщення дериваційної ГЕС в межах острова Хортиця в м. Запоріжжя	16
Ілюстрація 4. Нижній б'єф Дніпровської ГЕС, 18 липня 2023 року	17
Ілюстрація 5. Відсікання дамбами мілководь	17
Ілюстрація 6. Ілюстративний приклад облаштування обхідного водо- і рибопропускного каналу в межах Великого Лугу	17
Ілюстрація 7. Площі під енергетичними рослинами в ЄС	20
Ілюстрація 8. Площі під енергетичними рослинами в Україні	21
Ілюстрація 9. Карта ділянок деградованих/маргінальних/покинутих/забруднених земель на півночі від Каховського вдсх.	21
Ілюстрація 10. Карта рослинності і візуальна оцінка росту фітомаси на землях Каховського вдсх	27
Ілюстрація 11. Карта рослинності і візуальна оцінка росту фітомаси на землях Каховського вдсх	28
Ілюстрація 12. Супутникові знімки водосховища, 4 вересня 2023	29
Ілюстрація 13. Сформоване русло р. Дніпро у листопаді 2023 і карта водопілля на землях водосховища у березні 2024 року	30
Ілюстрація 14. Зарості верби на дні Каховського водосховища, Херсонщина, жовтень 2023 року	30
Ілюстрація 15. Висота верби в середньому досягає 4-5 м, з піком до 7 м за 2 роки вегетації на дні Каховського водосховища	32
Ілюстрація 16. Порівняння сценаріїв за показниками початкових інвестицій, скорочення викидів CO ₂ , виробництвом кінцевої енергії	37
Ілюстрація 17. Територіальне розміщення інфраструктури і потенційних ділянок деградованих і маргінальних земель під рекультивацію біля Каховського водосховища	38
Ілюстрація 18. Реалізація енергетичного кластеру	40

Передмова

У зв'язку з підривом Каховської дамби 6 червня 2023 р. Україна зазнала небаченої техногенної катастрофи у 21-му столітті, зазнавши руйнівних втрат — техногенних, екологічних, економічних, порушення доступу до ресурсів, особливо водних, переселення місцевих жителів, тощо. В той час, як експертним середовищем в Україні зроблено значні кроки щодо оцінки реального масштабу втрат, виявлення реального стану довкілля після катастрофи, іншою стороною досліджень є формування розуміння, що робити далі для відновлення регіону, нормалізації господарської діяльності і функціонування економіки, забезпечення доступу жителів до мінімально необхідних суспільних благ.

Наразі, не зважаючи на значну кількість матеріалів щодо наслідків катастрофи і початкових пропозиції щодо відновлення, відсутній комплексний документ, що містить аналіз концепцій, варіантів і сценаріїв відновлення, їх схематичної кількісної оцінки, порівняння між собою за визначеними критеріями, висновки щодо прийнятності того чи іншого підходу до відновлення. Дана аналітична записка – перша спроба зібрати воедино глибокі але фрагментарні дані щодо бачення відновлення від різних експертних груп, що досліджують проблему, неупереджено порівняти їх, зробити попередні висновки щодо найбільш збалансованої концепції відновлення опираючись на фактологічні дані для кожної та конкретні кількісні і якісні критерії оцінки.

Філософія дослідження – одночасний розгляд альтернатив з точки зору трьох базових, фундаментальних критеріїв:

1. Максимум користі для громад: розвиток місцевого потенціалу, нові робочі місця, розвиток інфраструктури і виробництва, створення ланцюжків доданої вартості кліматично нейтральних технологій, можливість вибору для громад різних видів місцевої енергії, зниження вартості енергії, сприяння подоланню енергетичної бідності, децентралізація енергопостачання, підвищення безпеки постачання енергії;
2. Мінімум шкоди для довкілля: розвиток екосистеми регіону, сприяння розвитку біорізноманіття, уникнення затоплення великих територій, економічна діяльність на основі критеріїв сталості і «зеленого» відновлення, циркулярної економіки, підвищення ефективності або зменшення використання природних ресурсів;
3. Задоволення суспільних потреб на рівні до підриву КаГЕС: потреби у водопостачанні, доступу до їжі, доступу до енергії, транспорту, місцевих природних ресурсів, рекреації.

В процесі роботи над документом команда Українського кліматичного офісу долучила до розробки, і надання вихідних даних різні експертні групи. Було проведено круглий стіл із залученням більше 35 експертів із різними поглядами щодо відновлення. Український кліматичний офіс і автори документу висловлюють щире подяку експертному середовищу за значний конкретний внесок у створення цього аналітичного документу, за надані матеріали, коментарі і рекомендації в процесі підготовки і дискусій, а саме: «ПрАТ Укргідроенерго», ГО «Українська природоохоронна група» (UNCG) і особисто Олексію Василюку, ГО «Фонд дикої природи» (WWF Україна). Окрема особиста подяка експертам Дмитру Стефанишину, Миколі Кобцю, Богдану Кученку, Ігорю Пилипенку, Артему Колеснику, Олегу Пащенко, Леоніду Мележику, Світлані Краковській та іншим спеціалістам, що долучалися до внесення пропозицій і коментування документу.



Перелік скорочень, термінів, одиниць виміру

КЕС — кінцеве енергоспоживання

ЗППЕ — загальне первинне постачання енергії

тне — тони нафтового еквіваленту

МВт•год, ГВт•год, ТВт•год — енергетичні одиниці, мегават-години, гігават-години, терават-години

ГВтел, МВтел, кВтел – енергетичні одиниці встановленої потужності, гігават-електричний, мегават-електричний, кіловат-електричний

КаГЕС — Каховська ГЕС

Каховське вдсх — Каховське водосховище

СЕС/ВЕС — сонячні електростанції / вітрові електростанції

КВВП — коефіцієнт використання встановленої потужності

ОЕС України — Об'єднана енергосистема України

ВДЕ — відновлювані джерела енергії

БМ — біометан

ККД — коефіцієнт корисної дії

LCOE — levelized cost of energy — приведена вартість енергії, Євро/МВт•год — показник для порівняння вартості виробництва енергії (до відпуску) від різних енергетичних технологій за строк життя проекту

UNCG — Ukrainian National Conservation Group — Українська природоохоронна група

ГКД — гранично допустима концентрація

КМУ — Кабінет Міністрів України

1. Ціль аналітичного документу

Підлив Каховської греблі і ГЕС, вчинений Російською Федерацією 6 червня 2023 року, можна кваліфікувати як акт екоциду (згідно зі статтею 441 Кримінального Кодексу України екоцид — це масове знищення рослинного або тваринного світу, отруєння атмосфери або водних ресурсів, а також вчинення інших дій, що можуть спричинити екологічну катастрофу).

Доцільність будівництва 70 років тому Каховської ГЕС і супутнє затоплення великої території (215 000 га) визначалися тогочасними пріоритетами влади — створенням надійної системи водопостачання для населення та промисловості, забезпеченням водою Криму, необхідністю виробництва електроенергії в енергодефіцитному південному регіоні і балансуванні енергосистеми, створенням систем іригації для розвитку сільського господарства, вирішенням питань водопілля в низині Дніпра. Введення в експлуатацію ГЕС збільшило виробництво електроенергії для регіону, що було вагомим внеском в реаліях 1950-х років, а гребля з'єднала лівий та правий береги пониззя р. Дніпро. Водосховище стало основним джерелом для зрошення та водопостачання технічної і питної води для півдня і південного сходу, що в свою чергу дозволило проводити поверхнєве зрошення і справило позитивний ефект на збільшення продуктивності сільського господарства. Будівництво тривало п'ять років — з вересня 1950-го по жовтень 1955 р.

Створення водосховища стало також причиною комплексу екологічних, соціальних і культурних втрат та довгострокових наслідків для екосистеми, включаючи негативний вплив на історичну спадщину, оскільки призвело до затоплення Великого Лугу. Цей регіон був важливий для української історії, адже тут розташовувалася Запорізька Січ — історичний осередок формування української державності.

Згодом використання водосховища призвело до змін і в екосистемі. До прикладу, погіршення якості води через відсутність належного очищення, великої кількості скупчених хімічних речовин та евтрофікацію. Регулювання водного потоку річки змінило її морфологію, що призвело до часткового «переривання» міграції прохідних і напівпрохідних видів риб, спричинило наноси, а також абразію берегів вітровими хвилями, порушило локальний баланс екосистеми р. Дніпро і прилеглої сухопутної території.

Каховська ГЕС була однією з найбільших в Україні потужністю 334,8 МВт (п'ята в Україні за потужністю) із середньорічним виробництвом електроенергії — 1500 ГВт•год (КВВП — 0,5, що є досить високим показником для рівнинних гравітаційних ГЕС помірних широт і відповідного стоку р. Дніпро, а також враховуючи, що це водосховище через значну площу стало найбільшою зоною випаровування води і як наслідок підвищення її солоності). При цьому Каховське водосховище було найбільшим за площею мілководдям в Україні. Інфраструктура греблі забезпечувала річне регулювання стоку Дніпра, зрошення та водозабезпечення. Наскрізна навігація через р. Дніпро забезпечувалась, підтримувалась й активно здійснювалась (як комерційний вид транспортування в значній мірі вантажів і меншій мірі пасажирів) через наявні на ГЕС шлюзові канали (не всі ГЕС гравітаційного типу мають інфраструктуру для забезпечення наскрізної навігації). Важливе значення гребля і водосховище відігравали у регулюванні сезонних коливань рівня води р. Дніпро, а сама КаГЕС як елемент забезпечення стійкості ОЕС України — в балансуванні енергосистеми, покритті як добових, так і сезонних пікових навантажень.

Екологічні наслідки, що притаманні будівництву великих ГЕС на рівнинних річках, відчуваються особливо після знищення ГЕС і вимагають всебічного аналізу та пошуку відповіді на запитання «Що робити далі?». Чи існують альтернативи відновленню КаГЕС? Як саме можна порівняти ці альтернативи між собою? Які додаткові ризики для довкілля несе та чи інша альтернатива? Як не допустити повторення трагедії? Чи може взагалі розглядатися варіант відновлення ГЕС як такий або пов'язані з цим додаткові екологічні ризики перевищують потенційні вигоди? Чи відповідає таке відновлення критеріям сталості, забезпеченню стійкості природних екосистем, сучасним кращим світовим практикам і практикам країн-членів ЄС, а отже, й євроінтеграційному курсу України? Чи існують альтернативи відновлення ГЕС з точки зору мінімізації впливу на довкілля, водозабезпечення і в той же час еквівалентного виробництва енергії та забезпечення стійкості енергосистеми України, як це робила КаГЕС? Як саме можна порівняти ці альтернативи між собою? Чи можна продовжувати інтенсивну сільськогосподарську діяльність у регіоні та забезпечити стаке виробництво енергії, уникаючи створення нового водосховища? Пошук відповідей і альтернатив, порівняння їх між собою за різними факторами, з урахуванням можливостей сучасних технологій і

визначення найбільш збалансованого варіанту і є ціллю цього аналітичного документу.

При цьому автори та авторки не ставили собі за мету однозначно рекомендувати, який зі сценаріїв буде найкращим для реалізації, а натомість намагалися провести попереднє дослідження і порівняння різних альтернатив та, базуючись на визначених критеріях, проаналізувати основні математичних моделей. Основна ціль – напрацювати попередній концептуальний погляд на відновлення, визначити альтернативи і порівняти їх між собою, обравши з-поміж них найбільш збалансовану з них за визначеними критеріями. Далі більш детально розглянути вже цю альтернативу з точки зору можливості постачання енергії, універсальності, впливу на екосистему, балансу CO₂, необхідних інвестицій, проектного циклу тощо. Вважаємо, що всі розглянуті варіанти мають свої позитивні та негативні особливості і жоден з них в якості індивідуального однозначного рішення не може бути однозначно рекомендований для впровадження за будь-якою сукупністю критеріїв

оцінки. На нашу думку, саме комбінація різних варіантів, коли вони можуть доповнювати один одного, і буде потенційно оптимальним рішенням.

Представлений аналіз враховує, наскільки це можливо, уже існуючі плани і рекомендації щодо відновлення України¹, а саме: План відновлення України, План зеленого відновлення України: керівні принципи та інструменти для тих, хто ухвалює рішення (UNDP)², напрацювання групи DG NEAR³ та інші, де визначається, серед іншого, що відновлення має здійснюватися на принципах сталості, стійкості, кліматичної нейтральності, без заподіяння додаткової шкоди природним екосистемам (принцип непогіршення) і в той же час має сприяти розвитку виробництва енергії з ВДЕ. Варіанти, що розглядаються, вписуються в існуючі плани, доповнюють та деталізують їх у контексті відновлення півдня України, пов'язаного із підривом Каховської греблі, пропонують конкретні рішення з попередніми розрахунками виробництва відновлюваної енергії, інвестицій, оцінки бар'єрів, сильних і слабких сторін.



1. <https://me.gov.ua/Documents/List?lang=uk-UA&id=8f36a2d9-9611-4bff-8fa9-474da62bd28d&tag=PlanUkraini>

<https://www.ukrainefacility.me.gov.ua/wp-content/uploads/2024/03/plan-ukraine-facility.pdf>

2. <https://www.undp.org/sites/g/files/zskgke326/files/2024-04/undp-ua-green-recovery-ukr.pdf>

3. https://enlargement.ec.europa.eu/news/eu-and-ukraine-outline-plans-sustainable-reconstruction-high-level-conference-2023-11-27_en

2. Порівняння різних альтернатив щодо відновлення

2.1. Відновлення Каховської ГЕС — мотиви і проблемні питання

В даному розділі буде розглянуто мотиви, передумови і проблемні питання щодо повного відновлення Каховської ГЕС.

Рішення про будівництво Каховського водосховища було ухвалене, в тому числі, внаслідок посушливого літа 1946 р., тоді основною метою було створення системи зрошення та водозабезпечення регіону, на що, за даними ПрАТ «Укргідроенерго», також вказують роботи проєктувальників, наявність найбільших водозаборів у межах водосховища. З тієї води, що споживалася в басейні Дніпра у довоєнний період, саме з Каховського водосховища найбільше використовувалось безповоротно і передавалось за межі басейну. У деякі роки цей обсяг забору становив 40% від загального в межах України. Вода використовувалась для зрошення Херсонської, Миколаївської, Запорізької та Дніпропетровської областей, а також для промисловості міст Кривий Ріг, Нікополь, Марганець. Водні ресурси забезпечували потреби південних територіально-промислових комплексів України, які охоплювали території Дніпропетровської, Запорізької, Херсонської областей та південну частину Донецької області.

Водосховище і в останні роки існування було найбільшим джерелом зрошування для півдня України, забезпечувало водними ресурсами 30-95% зрошувальних систем в Херсонській, Запорізькій, Дніпропетровській областях⁴ і створювало умови для вирощування різних агрокультур (до прикладу, 80% овочів України⁵). За розрахунками KSE, непрямі витрати сільського господарства від знищення ГЕС і греблі оцінюються у 182 млн. USD/рік.

Зрошувальна система сільського господарства і система водопостачання промисловості і населення від Каховського вдсх після підриву греблі⁶ фактично перестали існувати як цілісний майновий комплекс інфраструктури. У червні 2023 р. в екстреному режимі започатковано декілька масштабних інфраструктурних проєктів альтернативного водопостачання, використовуючи водні ресурси Дніпровського вдсх, Кременчуцького вдсх. і р. Інгулець з притоками. Наразі (жовтень 2024 р.)

вдалося забезпечити системами водопостачанням правобережну Херсонщину і майже повністю Дніпропетровщину на тому ж рівні, що і до підриву Каховської ГЕС.

Відновлення греблі змогло б відіграти важливу роль у забезпеченні водопостачання для сільськогосподарської діяльності у південному регіоні країни. Проте, за даними експертів і безпосередньо Держводагентства система меліорації і водопостачання від Каховського вдсх, що створювалася 70 років тому, наразі морально і фізично застаріла, зношена, створювалася для вирощування інших продуктів (бавовна), її відновлення потребуватиме значних додаткових капітальних інвестицій і високих (у порівнянні із новою системою) операційних витрат. Система зрошення проєктувалась під інші природно-кліматичні умови 50 років тому. За ці 50 років поточні кліматичні умови регіону (півдня Херсонщини, Дніпропетровщини, Запорізької області) змістились в бік більш сухого клімату (степова/саванна зона або напівпустеля), отже, функціонування системи зрошення, що проєктувалась під інші кліматичні умови і вирощування інших продуктів, не є ефективною для сільського господарства у порівнянні із більш сучасними системами, наприклад, крапельним зрошуванням чи точковим зрошуванням. Враховуючи традиції використання старої зрошувальної системи, через яку аграрії у регіоні останні 10-15 років концентрувались на вирощуванні саме зернових та олійних культур, і поступове підвищення тарифів на водопостачання і водовідведення (у 2018 р. тариф зріс на 35%, у порівнянні з 2017 р.), аграрії потенційно шукатимуть дешевші й ефективніші альтернативи поливу, що більше відповідають поточним кліматичним умовам (крапельне зрошення, як більш екологічне і ресурсоефективне, що активно використовується для схожих до півдня України кліматичних умов у світі⁵).

4. <https://east-fruit.com/uk/novyny/rosiyski-terorysty-za-odnu-nich-faktychno-znyshchyly-ovochivnytstvo-i-sadivnytstvo-pivdnya-ukrayiny/>.

5. <https://minfin.com.ua/ua/2023/06/08/107214470/>

6. Тут і далі терміни «гребля» і «дамба» застосовуються відповідно до ДСТУ 7735:2015 «Гідротехніка. Терміни та визначення основних понять»: гребля — це гідротехнічна споруда, яка перегороджує водотік і його долину для створення водосховища; дамба — це гідротехнічна споруда у формі насипу для захисту територій від затоплення, огороження штучних водойм та водотоки

7. <https://www.dw.com/uk/spersu-zabrali-zemlu-teper-i-vodu-naslidki-rujnuvanna-kahovskoi-ges-dla-fermeriv-pivdna/a-65887949>

8. <https://web.uri.edu/safewater/protecting-water-quality-at-home/sustainable-landscaping/drip-irrigation/>

Наразі (жовтень 2024 р.) проблеми водопостачання для промисловості і населення та зрошення для сільського господарства вже частково вирішені в регіоні. Витрати на це вже понесено. Далі ця проблема буде поступово вирішена з відновленням або без відновлення греблі ГЕС. До часу можливого відновлення КаГЕС (за оцінками проектного циклу не скоріше ніж за 5 років після закінчення бойових дій на прилеглій території) проблема водопостачання буде вирішена повністю вже без греблі ГЕС. Всі розрахунки майбутніх потреб у водозабезпеченні варто базувати на тому факті, що у поточному десятилітті водосховища не буде за будь-яких варіантів рішення і, відповідно, населення на постраждалих територіях і уся економіка будуть пристосовуватись до цього факту. Будь-які сценарії альтернативні будівництву ГЕС (в тому числі природне відновлення Великого Лугу, використання інших ВДЕ, використання енергокультур для рекультивації і виробництва енергії, господарська діяльність на окремих ділянках дна колишнього водосховища тощо - див. п. 2.6) ніяким чином не заважають будувати нові сучасні й ефективні (що відповідають реаліям сьогодення) системи водопостачання від природного русла р. Дніпро чи інших джерел без затоплення 215 тис. га території із природоохоронним статусом. Чи це доцільно чи ні, однозначної відповіді наразі немає. Але вважаємо, що впровадження сучасних систем зрошення і водопостачання на заміну старої можливе і без відновлення Каховського вдсх. Тому це наразі не може бути головним визначальним аргументом для відновлення греблі КаГЕС. Відновлення системи водопостачання в тому вигляді, в якому вона функціонувала, і ціною затоплення значних територій, частина яких має статус природоохоронних, з порушенням балансу місцевої екосистеми (коли шкода для довкілля не тільки переважає над користю від цього заходу, а й виходить за природні межі впливу на екосистеми), вважаємо наразі недоцільним.

Одним з мотивів відновлення ГЕС є необхідність забезпечення зростання частки ВДЕ у структурі виробництва електроенергії в Україні і декарбонізації. Так, наприклад, Національний план дій ВДЕ до 2030 р.⁹ визначає досягнення частки ВДЕ у кінцевому енергоспоживанні (КЕС) на рівні 27.1% або у абсолютній цифрі 11.6 млн. тне, з яких на велику гідрогенерацію припадатиме 8300 ГВт•год/рік (або 714 ктне). IRENA¹⁰ характеризує гідроенергетику як найстабільніше (і, як правило, найдешевше за показником LCOE) джерело відновлювальної енергетики із найдовшим життєвим циклом серед всіх інших відомих енергетичних

технологій. При належному обслуговуванні деякі ГЕС експлуатуються вже близько 100 років і продовжують працювати далі. Велика гідрогенерація наразі (у ситуації знищення вугільної генерації) відіграє ключову роль в забезпеченні стабільності і стійкості Об'єднаної енергосистеми України, гнучкості регулювання, балансування, покриття пікових навантажень, частково забезпечує покриття нерівномірного відпуску електроенергії від інших ВДЕ (СЕС/ВЕС), таким чином сприяючи розвитку інших ВДЕ. Сонячна, вітрова генерація та інші види ВДЕ є виробниками електроенергії з нестабільним відпуском із значними добовими коливаннями, в той час як ГЕС може бути джерелом як базової генерації, так і маневреної генерації, і здійснювати регулювання частоти та слугувати аварійним резервом. Очевидно, відновлення Каховської ГЕС підвищуватиме стійкість та надійність ОЕС України, а також сприятиме зеленому переходу та декарбонізації.

З іншого боку, велика гідрогенерація хоча і вважається ВДЕ, а виробництво гідроенергії великих ГЕС зараховується до виконання цілей ВДЕ, проте, відповідно до Європейського законодавства їх впровадження потребує здійснення детальної оцінки сталості та врахування впливу на довкілля, пов'язаного з будівництвом дамб, затопленням великих територій, що можуть бути природоохоронними унікальними екосистемами. До прикладу, відповідно до Water Framework Directive (2000/60/EC)¹¹ та інших документів¹² необхідно враховувати вплив на біорізноманіття, природні екосистеми, морфологію річок, їх фрагментацію, вплив на осушення, міграцію видів тощо. Існують прецеденти зупинки проектів великомасштабних нових ГЕС на основі висновків EIA (Environmental Impact Assessment, або Оцінка впливу на довкілля — ОВД), які визначали, що негативні ефекти на довкілля від великих ГЕС перевищили потенційний позитивний внесок у виробництво чистої енергії¹³. Через ці фактори великомасштабна гідрогенерація не може розглядатися повністю еквівалентним ВДЕ на одному рівні із іншими видами ВДЕ (СЕС/ВЕС або біомасою), оскільки за визначенням призводить до негативних ефектів для довкілля, що можуть в окремих випадках перевищувати ефекти енергетично-технологічні.

9. <https://www.kmu.gov.ua/npas/pro-zatverdzhennia-natsionalnoho-planu-dii-z-vidnovliuvanoi-enerhetyky-na-p-a761>

10. <https://www.irena.org/Publications/2023/Feb/The-changing-role-of-hydropower-Challenges-and-opportunities>

11. <https://eur-lex.europa.eu/eli/dir/2000/60/oj/eng>

12. https://www.eib.org/attachments/publications/eib_guidelines_on_hydropower_development_en.pdf

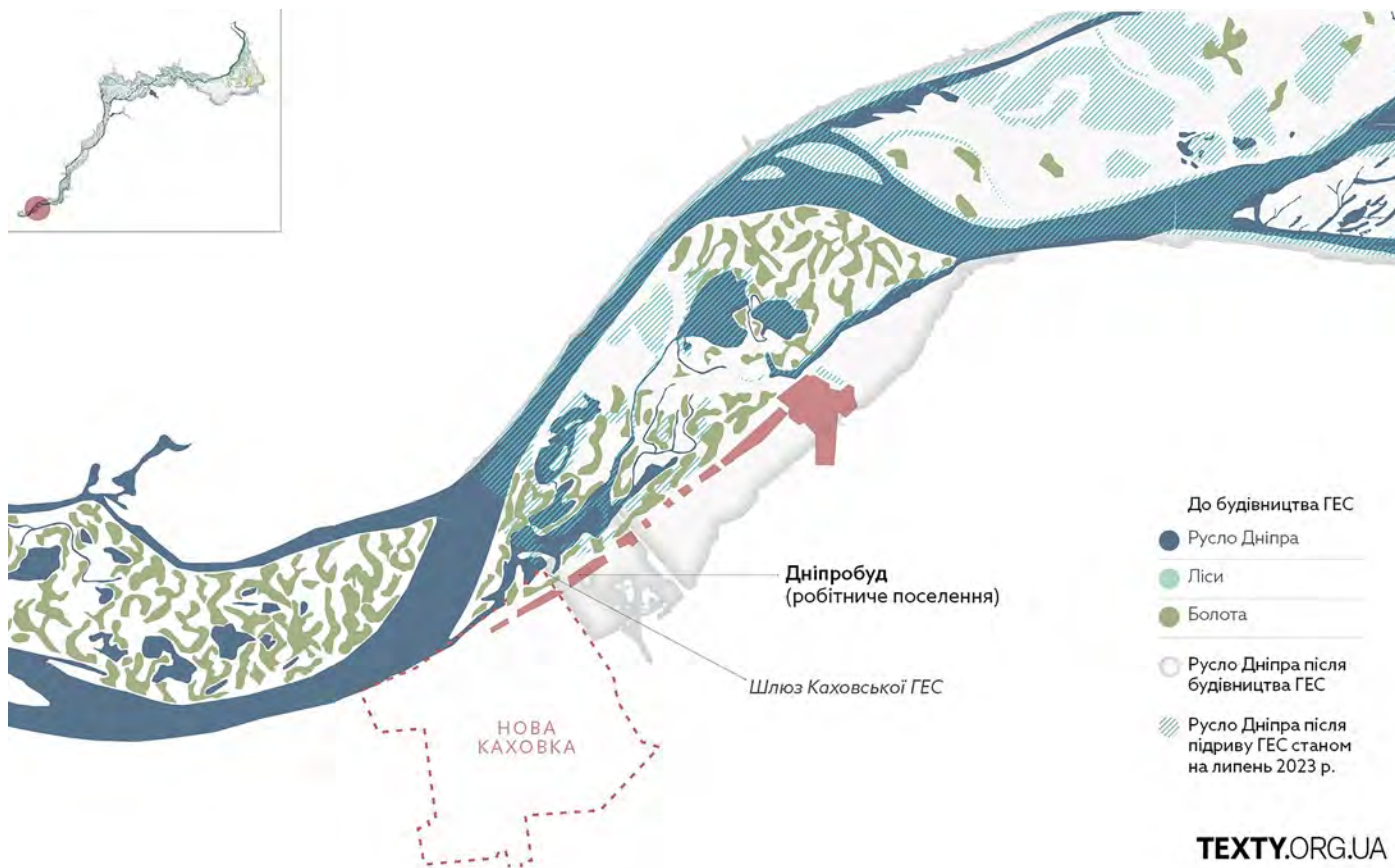
13. https://www.wwf.eu/what_we_do/water/hydropower/

<https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/03/Chapter-5-Hydropower-1.pdf>

<https://waterkeeper.org/news/hydropower-is-not-clean-energy/>

<https://point5.caneurope.org/no-place-for-large-hydropower-in-slovenian-necp/>

https://www.eu4environment.org/app/uploads/2024/07/Georgia-Gidelines-on-EIA-of-the-Hydropower-Projects_ENG.pdf



Ілюстрація 1.

Русло Дніпра до і після будівництва Каховського заводу та після його руйнування у 2023 році¹⁴.

За даними Bankwatch (EBRD)¹⁵, відновлення або збільшення потужностей Каховської ГЕС забезпечить виробництво додаткової базової електроенергії та надасть додаткової гнучкості та стійкості для енергосистеми України (за рахунок збільшення частки балансувальної генерації), але при цьому призведе до негативних змін у екосистемі регіону, затоплення прилеглих територій (що протирічить критеріям сталості), прямих та непрямих збитків для місцевих жителів і інфраструктури. Використання нової Каховської ГЕС для балансування і регулювання водопілля призведе до руйнування природних екосистем нижче за течією, що вже є національними парками та природоохоронними територіями міжнародного значення.

Наповнення ставки охолодження ЗАЕС - ще одна проблема, яка пов'язана із відсутністю Каховського вдсх. З іншого боку, як видно з усіх супутникових знімків, при детальному аналізі новоствореного русла Дніпра не спостерігається самоосушення ставок-охолоджувачів в режимі холодного зупину станції, за даними експертів води

для охолодження в цьому режимі достатньо. Звичайно, при виході на номінальний режим роботи 4-5 блоків (1 на регламентних роботах), може виникнути ситуація нестачі води для охолодження. Проте, як і з системою водопостачання, її можна вирішити не обов'язково тільки однією альтернативою — відновленням водосховища. Оскільки охолодження визначається в значній мірі витратою води через ставки (яка не залежить від наявності або відсутності водосховища, а залежить від гідрології р. Дніпро — витрата води через річку), одним з рішень може бути встановлення насосного обладнання для підкачування додаткової води з р. Дніпро. Також деякі експерти вважають, що і цього не буде потрібно, оскільки пропускної здатності каналу, що з'єднує ставки-охолоджувачі з р. Дніпро буде достатньо для охолодження.

14. <https://texty.org.ua/projects/111574/karta-velykoho-luhu-pyat-sichej-stavka-monholskoho-hana-ta-inshi-cikavi-miscya/>

15. <https://bankwatch.org/publication/why-is-rebuilding-the-kakhovka-dam-not-the-best-option-for-ukraine>



Ілюстрація 2.

Рівень води у ставку-охолоджувачі ЗАЕС станом на 06:00 23 червня 2023 року¹⁶.

Так, за даними АТ НАЕК «Енергоатом»¹⁷, наразі рівень води в ставку залишається стабільним, хоча цього достатньо лише для підтримки зупинених реакторів. Тому при відновленні роботи енергоблоків ЗАЕС (не працюють в режимі видачі електроенергії в мережу з 28 лютого 2022 р.) може постати питання щодо методів охолодження реакторів. Але підрив Каховської дамби вказує на необхідність диверсифікації для уникнення катастроф у подальшому. Розташування на березі спрощує доступ до води, а завдяки сучасним технологіям можна підвищити ефективність роботи охолоджувача¹⁸.

Відсутність Каховського вдсх також дає змогу з часом, коли встановиться баланс водопілля і з'явиться можливість часткового регулювання Дніпровською ГЕС, використовувати вивільнені землі для будівництва інфраструктури та мостів через нове русло р. Дніпро. Якщо зараз, щоб потрапити, наприклад, з Енергодара в Нікополь чи Марганець, потрібно об'їжджати 375 км, то при майбутній відбудові регіону, цю проблему можна вирішити побудувавши мости, які забезпечать

пряме сполучення між цими територіями, а існуючу мережу шляхів можна модернізувати та доповнити новими мостовими переходами через відроджене русло Дніпра.

х витратах 3500-5000 м³/с в залежності від тривалості спостереження підвищеного стоку), значна частина площі (30-60% в залежності від конкретного періоду водопілля) дна Каховського водосховища перетворилось на перезволожену болотисту ділянку на декілька місяців (травень-серпень).

З точки зору водного транспорту — краще використовувати природне русло річки без греблі, де немає шлюзів та затримок, пов'язаних з цим, і яке характеризується меншою висотою хвиль. З іншого боку, водосховище створювало умови для судноплавства через вищий рівень води, який наразі впав. За даними ПрАТ Укргідроенерго розрахунковий судноплавний рівень становив 14 м. Зменшення позначки судноплавного рівня призводить до зривів гарантованих глибин на плесі. Особливо важливим це є у районі м. Запоріжжя, де підхід до

16. Джерело: Енергоатом

17. https://t.me/energoatom_ua/14478

18. <https://www.dw.com/uk/zaes-bez-vodi-z-kahovskogo-vodoshovisa-naskilki-vistacit-zapasu-micnosti/a-65904115>
<https://www.epravda.com.ua/news/2023/09/23/704672/>

шлюзу знизу розташований у скельних породах, а глибина цієї каналізованої ділянки становить 3,2 м від рівня навігаційного спрацювання (14 м).

Кам'янисте дно суднового ходу протяжністю 35 км з обмеженою глибиною продовжується до причалу Біленьке. Для забезпечення судноплавства в природньому руслі р. Дніпро в нижній його течії необхідно регулярно здійснювати низку технічних й інженерних заходів (регулярні земельні роботи по підтриманню стабільного фарватеру, глибини русла, укріплення берега тощо), що в підсумку також можуть призводити до низки екологічних проблем. Вважаємо, що судноплавство природним руслом річки, за умови виконання необхідних інженерно-технічних робіт, є не менш ефективним, ніж використання водосховища, що підтверджують численні приклади використання річок в ЄС. Для судноплавства спеціально не будуються водосховища площею 215 000 га. Це є побічним наслідком будівництва ГЕС, а не причиною її будівництва. А скорочення відстаней завдяки новим мостам та усунення перешкоди у вигляді величезного водосховища зробить регіон більш привабливим для нерічкової логістики та вантажоперевезень, покращиться зв'язок між лівим і правим берегами Дніпра, що створить додатковий мультиплікаційний вплив на економіку регіону, який нівелюється у випадку повторного затоплення.

Каховське вдсх відігравало значну роль у постачанні питної води для населення Херсонської, Миколаївської, Запорізької, Дніпропетровської областей та Криму. За оцінками ООН¹⁹ приблизно 700 000 людей після знищення греблі залишилось без питної води. Наразі для згаданих регіонів будують магістральний водогін, який проводитиме водозабір з р. Дніпро (Кременчуцьке вдсх) до р. Інгулець, а також безпосередньо з р. Дніпро²⁰. Каховське вдсх також наповнювало Північнокримський канал, який забезпечував понад 85% прісної води півострова. Однак, за останніми даними 2013 року через застарілі вже на той час методи управління та збереження водних ресурсів канал втрачав 70,52 млн. м³ або 45%^{21, 22} води. До цього можна додати погану якість води: великі водосховища сприяють накопиченню водоростей та інших рослин у воді, що призводить до цвітіння води.

Також важливою проблемою є надмірне випаровування води через велику площу Каховського вдсх, що призводить до засолення ґрунтів та води (концентрація солей у водосховищі більше відповідає морській воді, ніж річковій) та підвищення температури. Ця проблема не може бути вирішена та є несумісною з принципами сталого розвитку. З іншого боку, водосховище та гребля КаГЕС

відігравали важливу роль для регулювання екологічного стану пониззя Дніпра та у процесах проникнення солоної води з моря в гирлову ділянку Дніпра. Встановлені екологічні витрати через Каховський гідровузол знижували ймовірність проникнення солоних вод у гирло, попереджаючи зменшення вмісту розчиненого кисню у воді, збільшення вмісту сірководню, замор риби, засолення ґрунтів, погіршення якості води для м. Миколаїв. Каховське вдсх слугувало своєрідним буфером для розбавлення та депонування забруднювальних речовин і промислових стоків та попереджало забруднення пониззя Дніпра та Чорного моря, а також забезпечувало регулювання водопілля та запобігало підтопленню м. Херсон (й інших міст пониззя Дніпра, а також сільськогосподарських угідь) в період водопілля. Після знищення греблі підтоплення деяких міст вздовж річки Дніпро від Запоріжжя до впадання в Чорне море відбулось навесні-влітку 2024 року (починає відбуватися при середньодобових витратах 3500-5000 м³/с в залежності від тривалості спостереження підвищеного стоку), значна частина площі (30-60% в залежності від конкретного періоду водопілля) дна Каховського вдсх перетворилось на перезволожену болотисту ділянку на декілька місяців (травень—серпень).

За попередніми даними UNCG субстрат на дні водосховища настільки забруднений (особливо важкими металами), що там в осяжній перспективі (мінімум 20 років) не можна буде вирощувати ніякі продукти харчування. У цьому контексті дно Каховського вдсх може розглядатися як маргінальна / забруднена / покинута / деградована (marginal / abandoned / contaminated / degraded) ділянка землі, непридатна для господарської діяльності. При цьому вона може підлягати поступовому багаторічному відновленню в рекультивації природнім шляхом і іншими методами, в тому числі на окремих ділянках з використанням спеціальних рослин, які сприяють відновленню ґрунтів і зменшенню концентрації шкідливих речовин у субстраті.

19. <https://apnews.com/article/ukraine-humanitarian-dam-water-food-cda457c3497ef4292b642c98aa99ccbf>

20. <https://www.facebook.com/1414642146/videos/2005182796488151/>

21. <https://necu.org.ua/zberezhennya-velykogo-lugu-ta-eksperymentalnyj-gidroproyekt-chy-potribno-vidnovlyuvaty-kahovsku-ges/>

22. https://web.archive.org/web/20150427215527/https://meco.rk.gov.ru/rus/file/doklad_eco_2013.pdf

2.2. Сценарій збереження і природного відновлення Великого Лугу

У цьому розділі ми розглянемо процес природного відновлення лісової екосистеми та біорізноманіття на території колишнього Каховського водосховища і, в перспективі, появи нової екосистеми на цих територіях.

Перше, що варто згадати, — це історія будівництва Каховської ГЕС, а саме затоплення Великого Лугу згідно зі «Сталінським планом перетворення природи». Цей план мав на меті розширення промисловості та зростання виробництва шляхом масштабного освоєння природних ресурсів, але насправді призвів до значних порушень природних меж: втрати біорізноманіття, забруднення доквілля, зміщення балансу або й повне знищення природних екосистем (таких, як Великий Луг). Як наслідок, для будівництва Каховського водосховища між 1955 і 1958 роками було затоплено величезну територію дніпровських плавнів, включно з родючими ґрунтами та городами, а також раніше вирубаними лісами. На додачу, на території Великого Лугу знаходяться важливі культурні пам'ятки, до прикладу, пам'ятки Запорізької Січі, дослідження яких стало можливим зараз. Окрім того, вже у 2003 році на 5-й Всеєвропейській конференції міністрів охорони навколишнього середовища «Доквілля для Європи»²³ було проаналізовано, що великі водосховища, зокрема Каховське, не призвели до бажаних результатів, зокрема в енергетичному плані, натомість було втрачено понад 500 тисяч гектарів родючих земель, а ще 100 тисяч потрапили в зону підтоплення.

Незважаючи на песимістичні прогнози щодо подальшого стану ландшафтів Каховської ГЕС здійснені на початку трагедії²⁴, нинішня динаміка екологічних процесів показує, що на цій території спостерігається активний процес природного відновлення флори та фауни.

Оптимістичні оцінки щодо відновлення біорізноманіття дає академік НАН України Яків Дідух²⁵. Зараз на території колишнього водосховища зафіксовано проростки різних дерев та чагарників, серед яких є верби, клен американський, ясен пенсильванський, робінія псевдоакації, гледичія колюча та інші. **Академік стверджує: «перспективними на цій території є ... створення вербових плантацій для біопалива»**, однак необхідні подальші дослідження та розробка стратегій для регулювання процесів відновлення екосистеми.

Збереження та відновлення біорізноманіття лягає в основу обов'язків, що взяла на себе Україна щодо захисту та відновлення екосистем. Відновлення Великого Лугу, відповідає таким цілям **Кун-мінсько-Монреальської глобальної програми**²⁶:

- ціль 2 (30% території до 2030 року повинні бути виділені під ефективне відновлення);
- ціль 3 (забезпечити ефективний менеджмент територій, що охороняються).

Дозвіл на використання території місцевими громадами дасть змогу реалізувати:

- ціль 9 (справедливе використання ресурсів, особливо з врахуванням потреб вразливих верств населення);
- ціль 10 (ефективне використання сільськогосподарських угідь),
- ціль 13 і 15 (впровадження ефективних правових, політичних та адміністративних заходів для справедливого розподілу вигод від використання природних ресурсів).

У контексті майбутнього вступу України до ЄС необхідно взяти до уваги і **Стратегію ЄС з біорізноманіття до 2030 року**²⁷, що встановлює амбітні цілі та дії, спрямовані на відновлення екосистем, згідно з якою, не можна відновлювати нові екосистеми за рахунок руйнування інших, наприклад, набудувати тисячі малих ГЕС в Карпатах, які аналогічно знищуватимуть живі природні річки, або здійснювати затоплення екосистем, що формується природним чином через відновлення ГЕС, або відновлювати водосховища чи заплави, які вже були спущені. Стратегія підкреслює важливість відновлення деградованих екосистем для підвищення їхньої стійкості та забезпечення надання необхідних послуг людям і підтримання біорізноманіття. До прикладу, в пункті 2.2.1 зазначеного документу сказано, що особлива увага в контексті юридичного врегулювання буде

23. <https://assembly.coe.int/nw/xml/XRef/X2H-Xref-ViewHTML.asp?FileID=10343&lang=EN>

24. <https://www.ukrinform.ua/rubric-economy/3721075-pidriv-kahovskoi-ges-tragedia-aka-zminit-silke-gospodarstvo-pivdna-ta-vsiei-ukraini.html>

25. <https://ecoaction.org.ua/dolia-kakhovskoho-moria.html>

26. <https://www.cbd.int/doc/c/e6d3/cd1d/daf663719a03902a9b116c34/cop-15-l-25-en.pdf>

27. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=celex%3A52020DC0380>

приділятися територіям, які мають високий потенціал уловлення та зберігання вуглецю. Згідно із Директивою ЄС про відновлення природи²⁸ країни-члени мають відновити щонайменше 30% природних середовищ, що перебувають у незадовільному стані до 2030 року, 60% — до 2040 року

і 90% — до 2050 року. Відновлення великої ГЕС із затопленням 215 000 га природної екосистеми, що вже почала формуватися, можна вважати таким, що прямо суперечить цим вимогам.

2.3. Сценарій впровадження малих та плаваючих ГЕС

Мала гідрогенерація потенційно розглядається як альтернатива відбудови великої ГЕС. Маючи співвідносну встановлену потужність, така гідрогенерація несе менше ризиків з точки зору затоплення територій і негативного впливу на локальну екосистему Великого Лугу, що почала формуватися і може бути інтегрована у природне русло р. Дніпро. Потенційно існує можливість поступового нарощування потужності додаванням кластерів нових малих / плаваючих ГЕС до вже збудованих.

Оскільки Каховська ГЕС була побудована до того, як всі екосистеми нижче по течії стали національними парками та міжнародними природоохоронними територіями, відбудова нової великої ГЕС і використання її для балансування та регулювання потоку води (особливо у випадку, якщо вона буде потенційно більшої потужності, ніж зруйнована) створить додатковий ризик руйнування екосистеми скидами води (ще більше, ніж було до руйнування й інтенсивніше, ніж кластери малих / плаваючих ГЕС). Побудова нової споруди, яка буде шкодити важливим територіям ще більше, ніж

консервативний базовий сценарій (ГЕС до руйнування) — це порушення міжнародних вимог щодо стійкості природних екосистем, сталості ведення господарської діяльності та сталості виробництва енергії. З цієї точки зору мала гідрогенерація вбачається як потенційна альтернатива.

Каховська ГЕС характеризувалася специфічним співвідношенням встановленої потужності до площі водосховища (найнижче з усіх ГЕС дніпровського каскаду) при відносно високому КВВП.

Таблиця 1.

Назва ГЕС Дніпровського каскаду	Площа водосховища, км ²	Встановлена потужність, МВт	Співвідношення потужність/площа
Київська ГЕС	922	408	0.443
Канівська ГЕС	675	500	0.741
Кременчуцька ГЕС	2250	700	0.311
Середньодніпровська ГЕС	567	388	0.684
Дніпровська ГЕС	410	1 569	3.827
Каховська ГЕС	2155	334 (знищено) 520-580 (планується) ²⁹	0.155 (знищено) 0.241-0.269 (планується)

Із таблиці видно, що навіть при збільшенні генерації це співвідношення залишається найнижчим серед інших ГЕС вище по каскаду. Одним з альтернативних рішень, в тому числі щодо підвищення використання площі, може стати побудова каскаду малих / середніх ГЕС (мГЕС) на ділянці р. Дніпро (або паралельно до р. Дніпро) від Запоріжжя до Херсона, сумарна потужність яких буде покривати потреби місцевих громад в електроенергії (а надлишок постачати у ОЕС України). Одна з переваг такого сценарію — часткове розосередження

виробництва електроенергії та наближення виробництва до споживача, що посилить енергетичну безпеку (як з точки зору складності нанесення удару чи підризу багатьох об'єктів у порівнянні з концентрованим ударом/підризом одного об'єкту), мінімізує втрати енергії при передачі, зменшить ризики повторення катастрофи масштабів знищення КаГЕС. Щодо економічної складової, хоча мГЕС потребує більших початкових інвестицій, ніж великомасштабна ГЕС еквівалентної встановленої потужності, мГЕС має менші експлуата-

28. <https://www.europarl.europa.eu/news/en/press-room/20240223IPR18078/nature-restoration-parliament-adopts-law-to-restore-20-of-eu-s-land-and-sea>

29. <https://suspiilne.media/540707-vidbudova-kahovskoi-ges-zajme-sist-rokiv-golova-ukrgidroenergo/>

ційні витрати і витрати на технічне обслуговування, що сприяє зменшенню загальних витрат на систему каскаду таких ГЕС (UNEP³⁰). З урахуванням того, що сумарна встановлена потужність каскаду мГЕС може бути менша за встановлену потужність зруйнованої ГЕС, капітальні інвестиції будуть нижчими, а сумарна електроенергія, що буде спожита кінцевим споживачем з врахуванням менших втрат при передачі — співмірна з відпуском зруйнованої ГЕС (приблизно 1500 ГВт•год/рік). Як наслідок нижчі витрати можуть впливати на рівень тарифу на електроенергію та скорочення термінів окупності проєктів для малої гідроенергетики. Додатково малі ГЕС можуть бути побудовані та введені в експлуатацію в коротші терміни (1-2 роки) і за простішим проєктним циклом (з точки зору документального забезпечення, проєктування, інжинірингу тощо), ніж великі енергетичні об'єкти (3-5 років), гарантуючи стабільне електропостачання територіально близько до споживача. Звісно, існує також і можливість інтеграції мГЕС в енергосистему України або робота в комбінованому режимі.

Найважливіше те, що малі ГЕС не потребують застосування великих територій і значних змін у морфології річки, а отже, мають менший негативний вплив на довкілля у порівнянні з великими ГЕС еквівалентної потужності. Технічно впровадження мГЕС на великих річках, таких як р. Дніпро, може бути вирішено, наприклад, через систему технічних обвідних каналів, споруджених паралельно до основного русла р. Дніпро (частково, де це можливо, природного походження у вигляді старого русла або притоків малих річок) або безпосередньо з загатою частини основного русла, у випадку плаваючих ГЕС — безпосередньо в руслі річки із спорудженням комплексу допоміжних технічних об'єктів для обслуговування інфраструктури, ремонтів, трансформації та передачі електроенергії

до ОЕС України тощо. Звісно, наразі неможливо визначити конкретний варіант чи контур проєкту для будівництва такого комплексу споруд, оскільки вибір будівництва малої чи великої гідроелектростанції (або їх комбінації) залежить від комплексної оцінки ключових характеристик, таких як гідрологічні умови, рельєф місцевості, екологічні умови, капітальні витрати, технічні характеристики, обслуговування, життєвий цикл проєкту тощо.

Відповідно до даних IRENA³¹ мГЕС, крім постачання електроенергії до ОЕС і менших негативних впливів на довкілля (у порівнянні з великими ГЕС) сприяють також підвищенню соціально-економічної стійкості для місцевих громад і розвитку місцевого потенціалу через створення робочих місць (у процесі виробництва і постачання обладнання, інженерних послуг по монтажу, обслуговуванню і технічного нагляду, ремонтів, контролю та моніторингу роботи), активізації підприємницької діяльності (до прикладу, виробництво обладнання може здійснюватися на місцевому рівні в Україні, що розвиватиме місцевий технічний та інженерний потенціал), а також постачання електроенергії на локальному рівні, сприяючи децентралізації виробництва.

Оскільки через руйнування Каховської дамби і падіння рівня води нижній б'єф Дніпровської ГЕС наразі не дає можливості в окремі періоди здійснювати нормальну експлуатацію, будівництво дериваційної ГЕС може розглядатися як технологічна необхідність для забезпечення роботи ГЕС вище по каскаду р. Дніпро. Така ГЕС якраз може підпадати під класифікацію малої ГЕС із потужністю 30-50 МВт – ілюстративний приклад її розміщення показаний на схемі нижче (Д. Стефанишин та ін.).



Ілюстрація 3.

Ілюстративний приклад розміщення дериваційної ГЕС в межах острова Хортиця в м. Запоріжжя

30. <https://www.ctc-n.org/technologies/small-hydropower>

31. https://www.irena.org/-/media/Files/IRENA/Agency/Publication/2023/Sep/IRENA_Leveraging_small_scale_hydropower_2023.pdf



Ілюстрація 4.

Нижній б'єф Дніпровської ГЕС, 18 липня 2023 року. Фото Скотта Петерсона

Схематичними прикладами технічної реалізації малої гідроенергетики також можуть бути концепції, представлені нижче (Афанасьєв С., Стефанишин Д. та ін.). В цих концепціях основна роль гідротехнічних споруд – це розподіл та відведення води з основного русла, водопостачання, регулювання рівня води (в т.ч. для роботи Дніпровської ГЕС), регулювання водопілля. Ці концепції не передбачають великого затоплення всієї площі водосхо-

вища (затоплюється 10-20% площі), отже менш негативно впливають на природну екосистему, але при цьому забезпечують ключові суспільні потреби регіону щодо забезпечення водою (а т.ч. сільського господарства), роботи ГЕС вище по каскаду, судноплавства, тощо. Використання гідроспоруд в якості малих ГЕС також можливо до певної міри (20-30 МВтел на окремих спорудах).



Ілюстрація 5.

Відсікання дамбами мілководь
Афанасьєв С.О. (2023): Одамбування мілководної частини Каховського водосховища³²



Ілюстрація 6.

Ілюстративний приклад облаштування обхідного водо- і рибопропускного каналу в межах Великого Лугу (Д. Стефанишин)

32. https://www.researchgate.net/publication/376199771_ABOUT_THE_ECOLOGICAL_CONSEQUENCES_OF_THE_DESTRUCTION_OF_THE_KAKHOVSKA_HPP_DAM

2.4. Сценарій вирощування енергокультур на окремих ділянках дна водосховища

У результаті знищення ГЕС на місці водосховища з'явилося 215 000 га вільної землі, яка може використовуватись в господарських цілях так, як це було раніше, коли водосховище забезпечувало роботу ГЕС. Оскільки дно водосховища неможливо віднести до поняття «ґрунт» (бо там немає ґрунту як такого), а до поняття «субстрат», який за даними UNCG настільки забруднений (особливо важкими металами, неорганічними домішками, різноманітними органічними шкідливими речовинами), що важко знайти інший приклад землі з такими рівнями забруднення (по суті дно — це був відстійник промисловості 65 років поспіль), то навряд ці землі без заходів щодо відновлення можуть бути повернені для використання, наприклад, у сільському господарстві. Однак потенційно ця зона може використовуватись для заліснення, організації рекреаційно-курортної зони, як заповідник, для дослідження природного формування екосистеми, а також частково на окремих ділянках, для вирощування енергетичних культур. Енергетичні культури (особливо багаторічні деревні, такі як верба і тополя) якраз ідеально підходять для вирощування на перезволожених забруднених землях, які не можуть бути задіяні в господарській діяльності (тобто маргінальних / покинутих / забруднених відповідно до класифікації ЄС). Ця альтернатива також дає можливість виробництва енергії, а отже, і порівняння за конкретними показниками (виробництво енергії, скорочення викидів CO₂, інвестиції, тощо) з іншими опціями виробництва енергії, зокрема і з відбудовою ГЕС. Розглянемо цю альтернативу детальніше

Сценарій вирощування енергетичних рослин **на обмежених (10-20% площі або менше)** ділянці дна Каховського вдсх сам по собі або в комбінації з іншими сценаріями, вписується у План відновлення України³³, що ґрунтується на принципах зеленого розвитку, кліматичної нейтральності, сталості, відновленні та рекультивації, а також уникненню шкідливого впливу на природні екосистеми. Цей сценарій не передбачає здійснення масштабних перетворень локальної екосистеми, що природним чином формується на ґрунті-дні Каховського вдсх, а скоріше органічно може бути інтегрований в неї, доповнити її, зробити більш стійкою до змін, потенційно відновити забруднені ґрунти дна, а також слугувати сталим екологічним джерелом забезпечення енергією з біомаси енергокультур. Цей варіант сам по собі або в комбінації з іншими має ряд позитивних додаткових переваг для локальних громад регіону, а саме:

1. Використання місцевого енергоресурсу для виробництва енергії на місцевому рівні — енергонезалежність громад;
2. Децентралізація постачання енергії — диверсифікація ресурсів і підвищення енергобезпеки.
3. Гроші залишаються в регіоні та працюють на громаду, а не направляються в центральний бюджет чи в інші країни, що постачають енергоресурси до України, для розрахунків за поставлену енергію у вигляді електроенергії, природного газу тощо.
4. Нижча та стабільна ціна — місцеве паливо (біомаса енергорослин) є сталим джерелом, більш стійким до зовнішніх подій і змін цін, ніж, наприклад, природний газ, що є глобальним товаром.
5. Створення додаткових робочих місць (логістика, виробництво енергії, моніторинг і догляд за енергоплантаціями), скорочення шкідливих викидів, скорочення викидів CO₂, привабливість інвестицій в регіон, створення локального замкнутого циклу кліматично нейтральних технологій — постачання біомаси та виробництва обладнання (котли і додаткове обладнання, логістична техніка тощо).
6. Універсальність біомаси як палива — можна використовувати для виробництва електроенергії, теплової енергії, транспортного палива, відновлюваних газів або комбіновані рішення (для порівняння, ГЕС — це виробництво виключно електроенергії).
7. Відсутність прив'язки до конкретної території — реалізація може бути здійснена на окремих кластерах як в рамках території колишнього Каховського вдсх, так і на сусідніх деградованих / покинутих землях, що потребують рекультивації (шахти, кар'єри золівдали тощо).

33. <https://me.gov.ua/Documents/List?lang=uk-UA&id=8f36a2d9-9611-4bff-8fa9-474da62bd28d&tag=PlanUkraini>

Енергетичні культури — це рослини, які спеціально вирощуються на окремих земельних ділянках для використання безпосередньо на енергетичні потреби або для виробництва вторинних продуктів (пелет/брикет/біоетанолу/біодизелю/біометану, відновлюваного CO₂, тощо).

Енергетичні культури — це рослини, які спеціально вирощуються на окремих земельних ділянках для використання безпосередньо на енергетичні потреби або для виробництва вторинних продуктів (пелет / брикет / біоетанолу / біодизелю / біометану, відновлюваного CO₂ тощо).

Енергетичні культури класифікуються як трав'яні та деревні (SRC), однорічні та багаторічні. Однорічні трав'яні — це аналоги типових с/г культур спеціально селектовані для перерозподілу маси рослини з плодової на периферійну (стовбур і листя) — сорго, ріпак, топінамбур і подібні. Багаторічні трав'яні — міскантус, просо, слонова трава, кукурудза на силос — це спеціально селектовані рослини, які мають великий вихід біомаси з одиниці площі на одиницю маси всієї рослини. Деревні (всі вони багаторічні) — тополя, верба, павловія та інші, — це спеціально селектовані сорти деревних рослин, які дають приріст маси на одиницю рослини (і площі вирощування) більше, ніж їх природні аналоги. Всі енергетичні культури — це високопродуктивні рослини здатні стійко здійснювати фотосинтез при високих температурах і у відносно несприятливих чи екстремальних умовах (наприклад, вкрай посушливих або вкрай вологих, за яких інші рослин в тому ж класі не можуть дати такий самий приріст маси).

Відповідно до останніх даних проєкту Bioplat EU потенціал вирощування енергетичних рослин для України на деградованих, малопродуктивних, забруднених, покинутих земельних ділянках різного призначення оцінюється мінімально в 820 тис. га³⁴. Це потенціал із визначенням конкретних ділянок з прив'язкою до місцевості, який не включає інші типи земель, що потенційно також можуть підпадати під визначення маргінальних / покинутих / малопродуктивних / забруднених / деградованих (наразі не використовуються багато років поспіль, але можуть бути використані для вирощування енергокультур з точки зору як виробництва енергії, так і рекультивації та відновлення). Земля дна Каховського водсх, що наразі знаходиться у віданні Держводагентства, може підпадати під класифікацію як деградована / забруднена / покинута (abandoned / marginal / contaminated) відповідно до Постанови КМУ № 35 від 19.01.2022

(зі змінами)³⁵. Оскільки дана ділянка до цього часу не використовувалась в обігу для господарської діяльності (наприклад, вирощування с/г культур), а також через її багаторічне затоплення, вона може додатково потребувати довгого відновлення і рекультивації з точки зору органічного складу ґрунту, зменшення забруднення важкими металами і іншими небезпечними відходами, в контексті адаптації і стійкості до кліматичних умов регіону (уникнення виносу верхніх шарів ґрунту, контроль за ерозією в умовах степової зони).

При поглинанні важких металів енергокультурами³⁶, і використання останніх для, наприклад, прямого спалювання в котлах для виробництва енергії, переважна частка важких металів (90-95% об.) осідає у золі і не вступає в реакції горіння (газифікації, піролізу, торефікації, чи окислення, зброджування, або іншого процесу перетворення органічної частини палива в енергію) в топці котлів (або реакторах газифікації, піролізу, метантенках), не виносячись з димовими газами, деяка частка (5-10% об.) може бути викинута з топки з димовими газами. Для очищення димових газів від домішок важких металів застосовуються відомі технології, такі як циклони і скрубери (в цілому для видалення твердих часток), що, відповідно до діючих екологічних норм в Україні (які включають також вимоги щодо ГДК по важким металам)³⁷ встановлюються для великих установок (котли ЦТ, промислові водогрійні котли, ТЕС/ТЕЦ, парові котли на виробничі потреби, сміттєспалювальні установи встановленою потужністю від приблизно 0.5-1 МВт теплової потужності (в нормах іде прив'язка до відпуску енергії)). Таким чином, не вбачається ризик підвищення концентрації важких металів в атмосфері при їх поглинанні з ґрунту дна Каховського водосховища. Відбувається їх поглинання енергокультурами і концентрація у золі після спалювання, яка, на відміну від розподіленої концентрації по всій площі дна водосховища, може бути окремо оброблена, захоронена на полігонах ТПВ, чи повторно використана в промисловості (будівельна, хімічна, виробництво сталі, чавуну і інших металів і сплавів). При цьому концентрація важких металів у ґрунті дна Каховського водосховища може бути знижена в декілька разів за період півротації (10-15 років).

Серед різноманітних енергетичних культур є багато видів та сортів, що є високопродуктивними (з точки зору продукції біомаси) та водночас стійкими до несприятливих умов вирощування. На сьогодні Державний реєстр сортів рослин, придатних для поширення в Україні, містить 375 видів

34. <https://bioplat.eu/webgis-tool>

35. <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/35-2022-%D0%BF#Text>

36. https://www.researchgate.net/publication/341154500_Phytoremediation_of_Heavy_Metals_Using_Salix_Willows

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2666765723000960>

<https://pse.agriculturejournals.cz/pdfs/pse/2003/12/04.pdf>

37. <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0912-06#Text>

ботанічних таксонів і 13790 сортів рослин, з них 36 сортів енергетичних рослин, зокрема декілька видів верби, міскантус гігантський, павловнія, просо прутіподібне³⁸.

Власниками сортів є 20 фізичних і юридичних осіб, зокрема дослідні інститути аграрної академії наук України та Національної академії наук України. Загалом 8 сортів енергетичних рослин мають іноземне походження: верба прутівидна (Швеція — сорт Вільгельм і Ліннея), міскантус гігантський (Польща — сорт Іллінойс) і павловнія (Іспанія — сорт Котевіса, Турбо Про). Протягом 2022 і 2023 року до Реєстру було внесено два сорти павловнії (Енерджи, Лідея) та один сорт міскантусу гігантського (Іллінойс).

Зареєстровані сорти рослин зазвичай придатні до вирощування в усіх кліматичних зонах України (полісся, лісостеп, степ). Ефективність вирощування значною мірою залежить від якості сорту рослини, ґрунтів, достатності вологи, морозостійкості, посухостійкості, стійкості до шкідників і хвороб.

Середня врожайність таких культур, що поновлюється у щорічному циклі їх природного росту, може складати до 30 т сухої маси/1 га (у перерахунку на 40% вологості це 75 т/га)³⁹. При цьому існують досить чіткі вимоги до вирощування для конкретних енергетичних рослин. Так, наприклад, для отримання оптимальних показників по врожайності деревні види (верба, тополя, павловнія) потребують високого вмісту вологи в ґрунті (болотистий ґрунт) та значної кількості опадів за рік (600-700 мм/рік або більше), але в той же час

важче переносять різкі зміни температурних режимів, посухи, відсутність догляду за плантацією в першому році закладання. Трав'янисті види (міскантус, кукурудза на силос, світчграс) більше тяжіють до посушливого клімату, стійкіші до різних змін температури й екстремальних умов (стійкі до посух і морозостійкі), менш вибагливі до догляду (прорідження бур'янів). Перевагу слід віддавати посадковому матеріалу, який має історію використання на ринку України, практичний досвід вирощування, пройшов випробування за місцевих кліматичних умов, ґрунтів, умов зволоження.

В Україні вже наявний досвід використання енергокультур для подальшого виробництва енергії та відновлення заболочених і малопродуктивних земель. На ринку діють десятки компаній із досвідом більше 10 років. Серед найбільших гравців на ринку і виробників біомаси з енергетичних культур в Україні можна відмітити наступні: Salix Energy (10 років на ринку), ТОВ «Укртепло» (5 років на ринку), ЕПГ «Югеноергопромтранс», ТОВ «Енергетична верба», ТОВ «Екосолум», Institute of Bioenergy Crops and Sugar Beet (перша дослідницька енергетична плантація в Україні), ТОВ «Інтубус» та інші. Загальна площа малопродуктивних земель під енергокультурами оцінюється в 6400 га, виробництво біомаси у 80-120 тис. натуральних тон (вологість 40%)/рік^{40, 41}. Регіональний розподіл ділянок під енергетичними культурами демонструє тенденцію до вирощування здебільшого двох типів — верби та тополі — у західних і північно-західних регіонах України. Близько 2/3 всіх площ під енергокультурами знаходяться в двох областях — Львівській і Волинській.

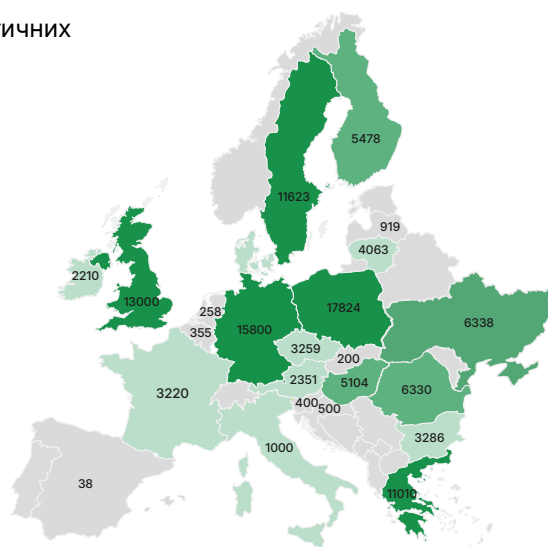
Площі під енергетичними рослинами в ЄС

В ЄС-28 **117 401** га енергетичних плантацій, серед яких:

Тополя — 20 691 га
Верба — 19 378 га
Міскантус — 24 620 га

Лідери:

Польща (17 824 га)
Німеччина (15 800 га)
Великобританія (13 000 га)
Швеція (11 623 га)
Греція (11 010 га)



< 5 000 га
5 000 ... 10 000 га
> 10 000 га

Джерела:
Bioenergy Europe,
Держенергоефективності України,
власне опитування

UABIO

Ілюстрація 7.
Площі під енергетичними
рослинами в ЄС

38. <https://uabio.org/derzhavnyj-reyestr-sortiv-roslyn-prydatnyh-dlya-poshyrennya-v-ukrayini-energetychni-kultury/>

39. <https://phyllis.nl/Home/Help>

40. <https://uabio.org/statistics/energetychni-plantatsiyi-v-ukrayini/>

41. https://bioplat.eu/assets/content/documents/Ukraine/1st/Geotukha_energy_crops_08_October_2020.pdf

Площі під енергетичними рослинами в Україні

В Україні - **6 338** га енергетичних плантацій, серед яких:

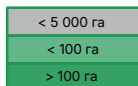
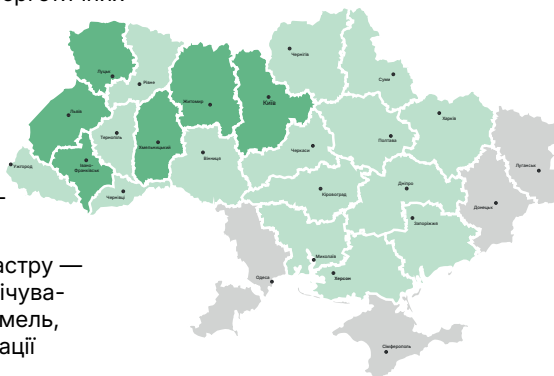
Верба > **4 500** га

Міскантус > **1 500** га

Тополя ~ **175** га

Потенціал земель для вирощування енергетичних культур — близько **4 млн. га**

За даними Держгеокадастру — у 2016 році в Україні налічувалось більше **1 млн. га** земель, що потребують консервації



Джерела:
Держенергоефективності України,
власне опитування

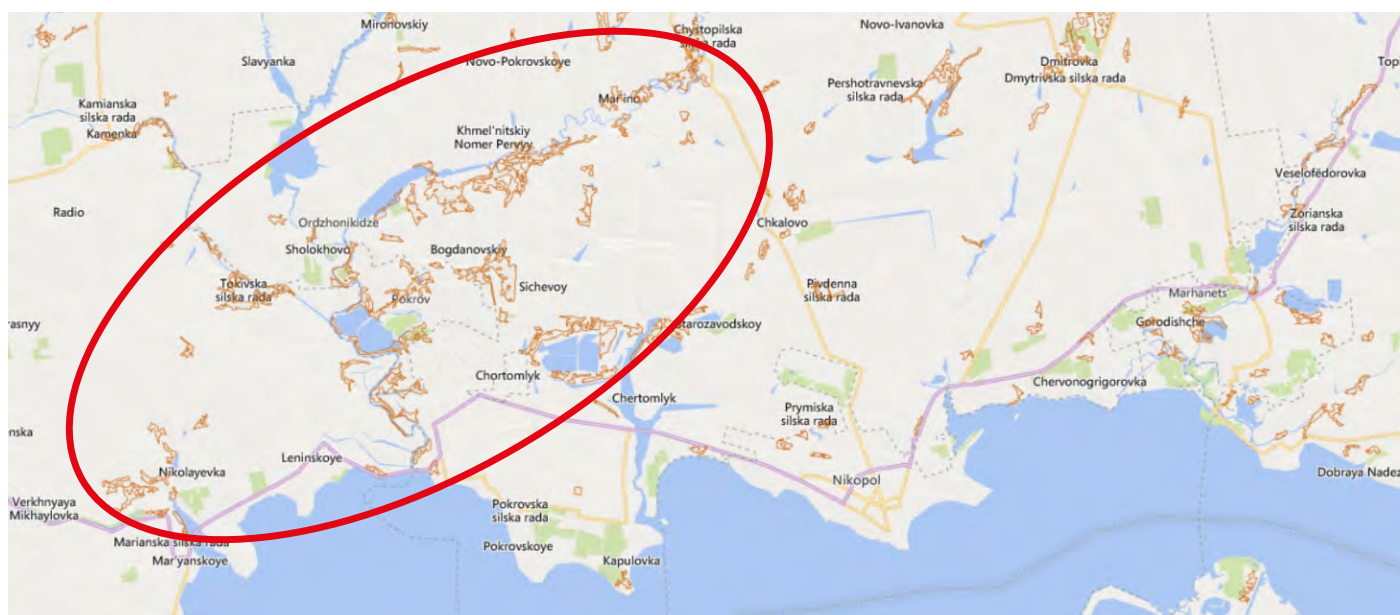
UABIO

Ілюстрація 8.

Площі під енергетичними рослинами в Україні

Таким чином, вбачаючи наявний досвід, попередню оцінку кліматичних умов і стану землі дна Каховського, що з одного боку підходить для вирощування енергетичних культур, а з іншого потребує рекультивативної через забруднення ґрунтів промисловими відходами (70 років дно водосховища було підводним відстійником промисловості півдня України), а також практичні наявні спроможності енергокультур щодо відновлення і рекультивативної ґрунтів, високі показники генерації біомаси на одиницю площі (для подальшого виробництва енергії або інших продуктів), цей варіант розглядається далі в ряді інших як конкурентна і перспективна альтернатива.

Відзначимо також, що в безпосередній близькості (10-20 км) до прибережної зони бывшего Каховського всдх. знаходиться кластер маргінальних / покинутих/деградованих/забруднених земель (деякі з них – це відвали і закриті шахти, що стихійно заростають чагарниково-лісною рослинністю). Ці землі можуть бути включені в цикл вирощування енергокультур для рекультивативної і відновлення, а також зменшення використання площі дна водосховища (а отже, збільшення частки земель під природне відновлення). Так, на карті проекту BIOPLAT-EU (прив'язана до кадастру) ідентифіковано до 4000 га таких земель у області 10-20 км від берега водосховища (див. карту маргінальних земель)⁴².



Ілюстрація 9.

Карта ділянок деградованих/маргінальних/покинутих/забруднених земель на півночі від Каховського всдх.

42. <https://webgis.bioplat.eu/#/map>

2.5. Сценарій впровадження комбінації ВДЕ (СЕС, ВЕС та інших)

Для прямого порівняння двох технологій безпосереднього виробництва електроенергії — на великих ГЕС та за допомогою інших видів ВДЕ (комбінації СЕС/ВЕС) — також включимо у розгляд другий варіант. В Україні вже впроваджено близько 10 ГВт ВДЕ на основі СЕС/ВЕС (приблизно половина цієї потужності на окупованих територіях чотирьох областей України), що в середньому в балансі середньорічного відпуску електроенергії складає 7-10% (у КЕС), тобто стільки ж, скільки відпускають всі ГЕС України включно з ДніпроГЕС, яка наразі відключена від енергосистеми через суттєві пошкодження від військових дій.

Потенціал СЕС/ВЕС в Україні використовується наразі на 8-10%. У районі водосховища (південь Дніпропетровської, Херсонська, Запорізька областей) використання потенціалу дещо вище. У період 2014—2022 рр. було реалізовано масштабні комерційні проекти СЕС і ВЕС одиничною встановленою потужністю до 350 МВт/проект. Біля Нікополя наразі діють дві найбільші в Україні СЕС загальною потужністю 440 МВт (Нікопольська і Покровська на території відпрацьованих кар'єрів). Аналогічно до будівництва СЕС і ВЕС на землях відпрацьованих кар'єрів, відвалів, шахт, інших деградованих / забруднених земель, можна розглядати будівництво і на території дна водосховища, де земля також може розглядатись як маргінальна / деградована / забруднена / покинута в розумінні Постанови КМУ № 35 від 19.01.2022⁴³.

Якщо розглядати виключно енергетичну складову, то досягти співмірного відпуску електроенергії (у вираженні кінцевого енергоспоживання — КЕС) можна за допомогою комбінації СЕС/ВЕС із загальною потужністю такого «парку» 1000-1100 МВт, що займатимуть 2% від площі Каховського водсх (4000 га). Загальні інвестиції в такий еквівалентний проект складатимуть 2.5-2.8 млрд євро (без систем накопичення й акумуляції) і до 4.5 млрд. євро (з системами накопичення й акумуляції, що забезпечать необхідний рівень гнучкості та стабільності відпуску електроенергії до енергосистеми на тому ж рівні, що і Каховська ГЕС, а також із додатковими витратами на трансформацію і передачу в ОЕС України). Такі рівні інвестицій співмірні із інвестиціями у нову ГЕС, але при цьому відсутня необхідність затоплення 98% площі території дна водосховища.

У випадку використання більшої площі дна водосховища, тобто прив'язки до еквівалентної площі сценарію використання енергокультур (на обмежених ділянках 10-20% від загальної площі дна

водосховища (20-40 тис. га), що визначається співмірним рівнем виробництва енергії з енергокультур і КаГЕС), встановлена потужність комбінації СЕС і ВЕС (у співвідношенні 80/20) становитиме 20 ГВтел (у два рази більше, ніж СЕС/ВЕС, що наразі приєднано до ОЕС України), а загальний відпуск оцінюється у 9-12 ТВт•год/рік без систем акумуляції і накопичення та 20-24 ТВт•год/рік з акумуляцією (у виразі КЕС). Відповідні інвестиції оцінюються у 27 і 36 млрд євро відповідно. Інвестиції, крім прямих капітальних витрат на основне обладнання, проект, інженерні роботи і допоміжну інфраструктуру, також враховують будівництво або відновлення додаткової інфраструктури, трансформації і передачі електроенергії в рамках ОЕС України (оскільки для масштабу такого проекту не вистачить наявної в регіоні інфраструктури і пропускної здатності ЛЕП, що також частково пошкоджені (або тимчасово не експлуатуються) внаслідок військових дій), а також додаткові земляні роботи по захисту від підтоплення й осушення ділянок дна для встановлення обладнання.

У випадку ж відновлення водосховища, існує також опція збільшення ефективності використання його водної площі. Так, за прогнозами IRENA⁴⁴ існує можливість впровадження гібридних проектів (вітро+гідро-генерація, виробництво енергії з біомаси, використання плавучих малих ГЕС та СЕС, що притоплюються взимку на поверхні водосховища)⁴⁵. Комбінація різних рішень та їх інтеграція у єдиний енергетичний кластер, що підвищує одночасно гнучкість відпуску, стійкість енергосистеми, енергобезпеку (різні розосереджені децентралізовані об'єкти в різних точках складніше і часто не вигідно знищувати у порівнянні із одним централізованим великим об'єктом генерації⁴⁶), що забезпечують дешевшу одиницю виробленої енергії (за LCOE) і несуть менші ризики, підвищуючи інвестиційну привабливість проектів комбінації різних видів ВДЕ та поєднуючи переваги

43. <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/35-2022-%D0%BF#Text>

44. <https://www.irena.org/Publications/2023/Feb/The-changing-role-of-hydropower-Challenges-and-opportunities>

45. Аналіз поєднаних рішень може показати їх потенційну ефективність. При відновленні Каховського водосховища необхідно враховувати, що на поверхні може бути встановлення плавучих СЕС з використанням технологій відпрацьованих в ЕС (притопленням на період зими) Окрім того, необхідно врахувати, що значна водна поверхня в регіонах Запоріжжя і Херсонщини створює зони високого та низького тиску вздовж дзеркала водосховища, що сприяє руху повітряних мас, а відповідно це створює сприятливі зони для вітрогенерації.

46. <https://uabio.org/wp-content/uploads/2024/04/Lyst-BAU-629-shhodo-kryzovoyi-sytuatsiyi-v-energetytsi.pdf>

гідрогенерації, СЕС, ВЕС і виробництва енергії з біомаси. Потужність установок СЕС/ВЕС на поверхні водосховища оцінюється у 500 МВтел встановленої потужності СЕС (щорічний відпуск порядку 300 ГВт•год або додаткові 20% від відпуску зруйнованої КаГЕС) і до 100 МВтел ВЕС (щорічний

відпуск орієнтовно 200 ГВт•год, або 15% від відпуску зруйнованої КаГЕС) із відповідними інвестиціями в діапазоні 1.2-1.5 млрд євро (з врахуванням додаткових капіталів на трансформацію в передачу в ОЕС України і земляні роботи по осушенню і захисту від підтоплення).

2.6. Порівняння сценаріїв

Отже, можемо визначити наступні 5 варіантів, що за сукупністю властивостей можуть існувати окремо або доповнювати один одного, що дозволяє порівняти їх між собою за різними параметрами впровадження:

Сценарій
природного
відновлення
екосистеми дна
водосховища

Відбудова
Каховської
ГЕС

Система
каскаду
малих /
плаваючих
ГЕС

Впровадження
комбінації
ВДЕ

Впровадження
енергокультур
для
рекультивації
дна і
виробництва
біомаси

Проаналізуємо визначені варіанти між собою за різними параметрами проєктного циклу, виробництва енергії, скорочення викидів, інвестицій, вартості енергії, шкоди для довкілля тощо.

Порівняння здійснюється за методикою мультикритеріального аналізу за 18-ма показниками. По кожному показнику виставляється бал — для негативних оцінок (червона зона) -1 або -2 бали

(різниця виникає, коли за одним критерієм порівняння є значна різниця між сценаріями з однакової зони оцінки, наприклад «Негативний» отримує -2 бали, «Скоріше негативний» -1 бал, при тому, що обидві оцінки в червоній зоні; така сама логіка для інших оцінок), для помірних оцінок (жовта зона) — 0 або 1, для позитивних оцінок (зелена зона) — 2 або 3.



Таблиця 2.

Порівняння альтернатив за визначеними параметрами

№	Параметр	Альтернатива				
		(1) Сценарій природного відновлення екосистеми, Великий Луг	(2) Відбудова Каховської ГЕС	(3) Система каскаду малих / плаваючих ГЕС	(4) Впровадження комбінації ВДЕ (20%* площі під СЕС, ВЕС, інші ВДЕ)	(5) Використання 20%* площі під енергокультури (рекультивация і виробництво біомаси)
1.	Доступність обладнання на ринку для негайного замовлення	-	Ні	Ні	Так	Так
2.	Спрощений проектний цикл, швидка реалізація і введення в експлуатацію	-	Ні	Ні	Так	Так
3.	Довжина життєвого циклу (років)	Без обмежень	50	40	20	20
4.	Незалежність від зовн. факторів (погода, опади, посухи, і т. ін.)	Так	Ні	Ні	Ні	Ні
5.	Необхідність додаткового механізму підтримки	Ні	Ні	Частково	Ні	Ні
6.	Інвестиції для виробництва однакової кількості кінцевої енергії (1 - референтний сценарій "Відбудова Каховської ГЕС")**	0	1	1.25	0.9	0.25
7.	Співвідношення альтернатив за виробництвом енергії (КЕС) (1 - референтний сценарій «Відбудова Каховської ГЕС»)	0	1.0	0.7-0.8	5.5-9.7	1.0-3.5****
8.	LCOE виробленої енергії (орієнтовно), Євро/МВт•год (КЕС)	-	35-65	60-75	60-125	50-120****
9.	Скорочення викидів CO ₂ (1 — референтний сценарій природного відновлення ***)	1	1.25	0.9	9.5	3.5
10.	Можливість заміщення викопного палива	Ні	Низька	Низька	Середня	Висока
11.	Забезпечення стійкості і балансування енергосистеми	Ні	Висока	Середня	Низька	Середня
12.	Вплив на сталу декарбонізацію і зелений перехід	Скоріше позитивний	Нейтральний	Скоріше позитивний	Позитивний	Скоріше позитивний
13.	Вплив на екосистему, що формується на території Каховського вдсх.	Позитивний	Негативний	Скоріше негативний	Скоріше негативний	Нейтральний
14.	Вплив на відновлення ґрунту	Нейтральний	Негативний	Нейтральний	Нейтральний	Нейтральний / позитивний
15.	Вплив водопостачання, судноплавство	Нейтральний	Позитивний	Позитивний	Скоріше негативний	Скоріше негативний
16.	Універсальність (виробництво тільки одного виду енергії, чи декількох, можливість диверсифікації)	Ні	Ні	Ні	Частково	Так
17.	Відповідність критеріям сталого розвитку / відновлення	Так	Ні	Частково	Частково	Частково
18.	Можливість включення в цикл виробництва відновлюваних газів (H ₂ , CH ₄)	Ні	Частково	Частково	Так	Так
	Всього балів	15	14	10	14	19

* 20% — 20% — ця величина визначена за наступною логікою: це варіант, який щорічно генерує таку кількість біомаси, з якої у найконсервативнішому (найгіршому) варіанті можна виробити таку саму кількість електроенергії (у виразі КЕС), як і на КаГЕС до руйнування (1500 ГВт•год/рік), тобто пряма еквівалентна альтернатива ГЕС з точки зору виробництва електроенергії на строк життя проєкту (20 років). Якщо тут розглядати 100% використання площі під енергокультури, то по-перше, співвідношення по енергії буде ще більше на користь енергокультур (або іншого варіанту, наприклад СЕС/ВЕС), по-друге, це буде мати масштабні негативні наслідки для природної екосистеми співмірні із затопленням території водосховища, що суперечить всій логіці аналізу і зокрема варіанту використання енергокультур (який крім енергетичного ефекту, потенційно може давати ефект відновлення і рекультивації ґрунту, а також зниження концентрації важких металів і шламів із незаподіянням додаткової шкоди природній екосистемі у випадку використання на окремих ділянках і задоволення суспільних потреб (в енергії) на тому ж рівні. Що до руйнування КаГЕС). Слідуючи цьому принципу еквівалентності порівнюваних варіантів, така сама площа використовується для оцінки опції СЕС/ВЕС. Вважаємо, що саме такий підхід відповідає принципу консервативного порівняння всіх представлених варіантів (приведення їх до «спільного знаменника»).

** Інвестиції — для альтернативи № 4 (СЕС/ВЕС) враховуються інвестиції в акумуляцію і додаткову інфраструктуру трансформації та передачі електроенергії в ОЕС України (включаючи будівництво нових високовольтних ЛЕП і автотрансформаторів в рамках ОЕС додатково до загальних проєктних інвестицій саме в СЕС/ВЕС і допоміжне обладнання).

Для альтернативи № 5 (енергокультури) враховується весь ланцюжок, що включає інвестиції в первинну плантацію-маточник, організацію промислової плантації, капітрати на логістику, інвестиції в технології перетворення біомаси в енергію / продукт для комбінації пропорційного розділення між електрогенерацією (25%), теплогенерацією (25%), біопаливами на транспорті (25%), виробництвом відновлюваних газів і інших відновлюваних продуктів (25%).

*** У розрахунку скорочень викидів CO_2 враховується поглинання утримання вуглецю на площі дна водосховища (для альтернативи №1), що є базовим сценарієм для порівняння з усіма іншими варіантами (використовується середня величина

секвестрації 2.3 т CO_2 /га/рік, що характерно для лісових насаджень). Для інших варіантів на додачу до поглинання й утримання CO_2 , де використовується менше 100% площі, також враховуються скорочення від заміщення викопного палива при виробництві енергії:

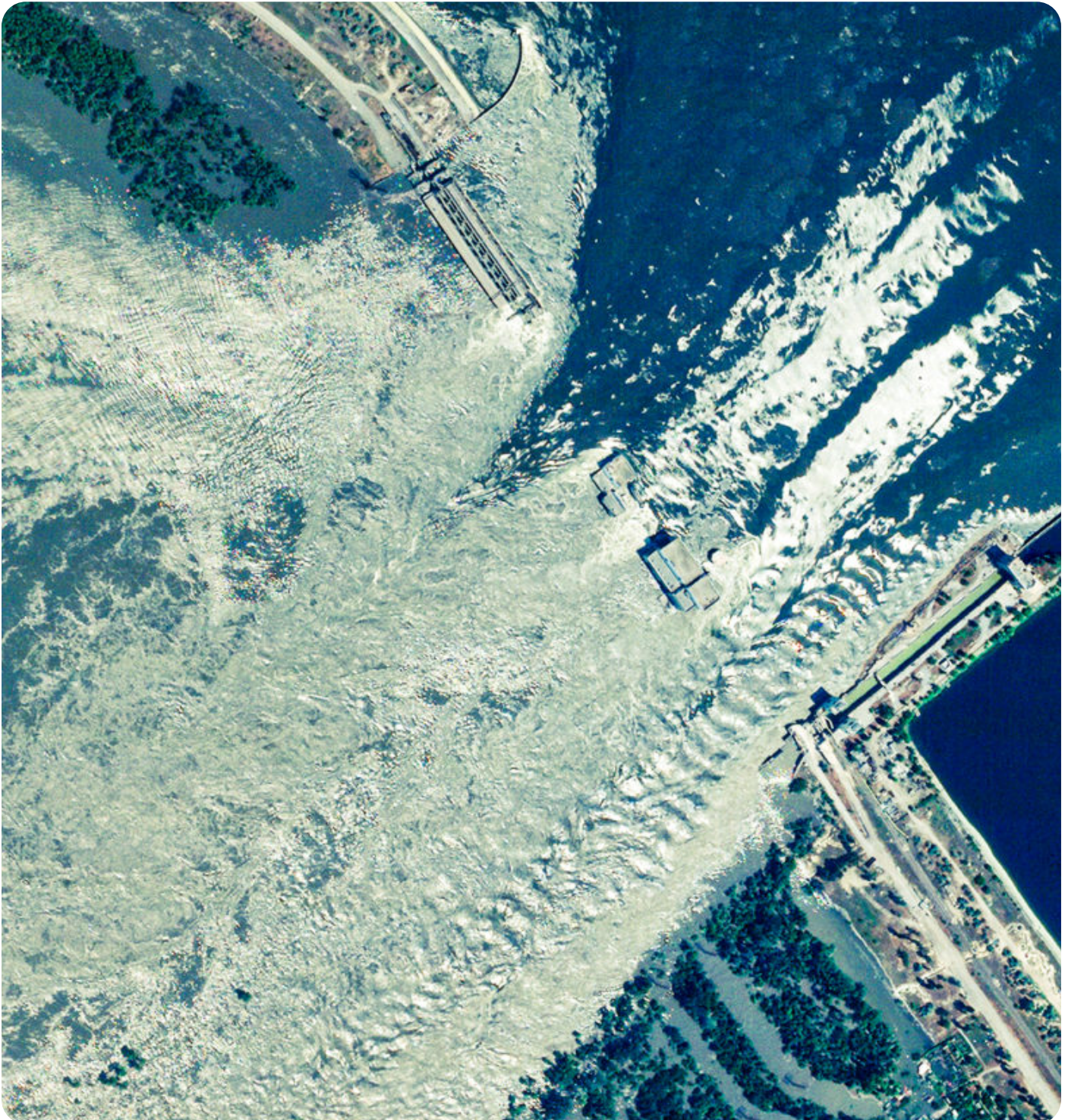
- Для варіанту №2 (ГЕС) — скорочення від заміщення мережевої електричної енергії, що перераховано через коефіцієнт викидів мережі за мінусом 100% скорочень від утримання вуглецю (поглинання), оскільки 100% площі дна водосховища затоплюється.
- Для варіантів № 3 (малі ГЕС) і № 4 (СЕС/ВЕС) — скорочення від заміщення мережевої електричної енергії, що перераховано через коефіцієнт викидів мережі за мінусом 50% від скорочень від утримання вуглецю (поглинання), оскільки використовується еквівалент 50% площі (насправді використовується 20%, для консервативності приймається 50%, оскільки утримання і поглинання вуглецю певною площею із зменшенням площі може зменшуватись нелінійно).
- Для варіанту № 5 (енергокультури) — скорочення від заміщення різних видів енергії у комбінації пропорційного розділення між електрогенерацією (25%), теплогенерацією (25%), біопаливами на транспорті (25%), виробництвом відновлюваних газів і інших відновлюваних продуктів (25%) за мінусом 20% скорочень від утримання вуглецю (поглинання), оскільки 20% площі використовується (енергетичні культури на відміну від СЕС/ВЕС і мГЕС можуть також додатково поглинати і сприяти утриманню CO_2 в ґрунті, тому різниця між реальною площею і консервативною розрахунковою, що враховує нелінійність зміни поглинання при зміні площі, у даному випадку відсутня).

**** Для параметру №7 «виробництво енергії» — нижча цифра діапазону (1.0) — 100% електроенергії, вища цифра діапазону (3.5) — для комбінації пропорційного розділення між електрогенерацією (25%), теплогенерацією (25%), біопаливами на транспорті (25%), виробництвом відновлюваних газів і інших відновлюваних продуктів (25%).

**** Для параметру № 8 «LCOE» — нижча цифра діапазону (50) — виробництво тепла (100%), вища цифра діапазону (120) — виробництво електроенергії (100%).

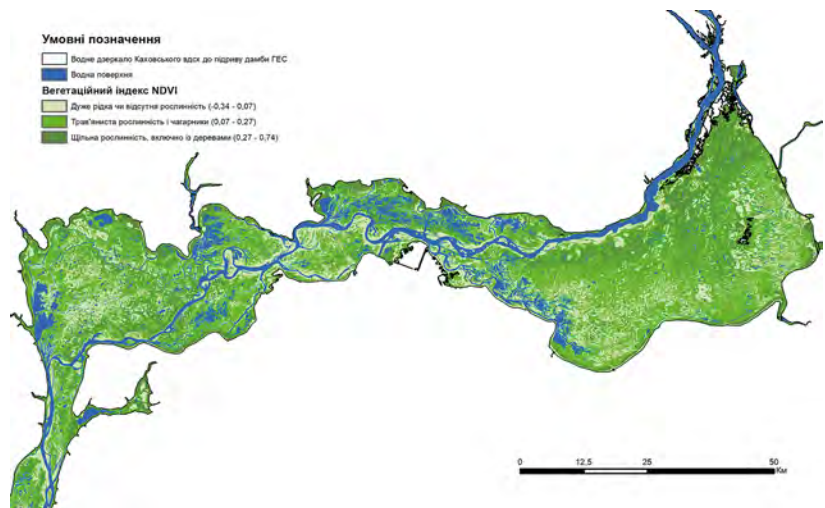
З представленого аналізу видно, що переважно серед проаналізованих варіантів, немає явного лідера або аутсайдера. Кожному сценарію властиві специфічні позитивні та негативні аспекти, які певною мірою є взаємодоповнюючими. Формально, як один з найкращих варіантів, можемо виділити використання окремих ділянок (20%) площі Каховського водосховища для вирощування енергокультур. Цей сценарій є найкращим з точки зору виробництва енергії, вартості виробництва, задоволення суспільних потреб, максимуму користі для громад і незаподіяння додаткової шкоди докілью, мінімального використання площі дна водосховища для виробництва енергії, дає потенційну можливість рекультивації і відновлення земель, зменшення концентрації важких металів і шламів.

Умовне «друге місце» займає група з трьох сценаріїв – відбудова КаГЕС, збереження природної екосистеми (відновлення Великого Лугу природним шляхом) і впровадження СЕС/ВЕС на 20% площі (звісно, на практиці такі гігантські масштаби використання СЕС/ВЕС на такій компактній площі є на нашу думку нераціональним, а сценарій в такому масштабі приводиться, як вже було зазначено, для цілісності аналізу і в цілях еквівалентного порівняння з іншими, зокрема зі сценарієм енергокультур). Малі ГЕС, хоч і не набрали за представленими критеріями достатньо балів, але можуть розглядатися як життєздатна альтернатива в комбінації з іншими. Розглянемо детальніше сценарій використання енергокультур та його додаткові переваги



3. Аналіз процесу природного відновлення дна Каховського водосховища в контексті інтеграції енергетичних культур

Після підриву дамби Каховської ГЕС 6 червня 2023 р. на території Каховського водосховища (площею 2155 км²) додатково вивільнилось 215 000 га землі (колишнього дна). Стан дна — різного розподілу за рівнем зволоження, близько 50% — ділянки з рівнем зволоження від заболочення до відкритих водойм, які ідеально підходять для багаторічних енергокультур деревного типу (верба, тополя). Станом на серпень 2023 р. на вивільнених землях Каховського вдсх стала формуватися нова локальна екосистема. За картографічними і гідрографічними даними Інституту зоології ім. І.І. Шмальгаузена станом на серпень 2023 р. до 50% території мали вегетаційний індекс більше 0.5, що відповідає чагарниковій і трав'янистій рослинності включно з молодими деревами (див. картографію і реальні знімки Каховського вдсх за серпень-вересень 2023 р.).



Ілюстрація 10.

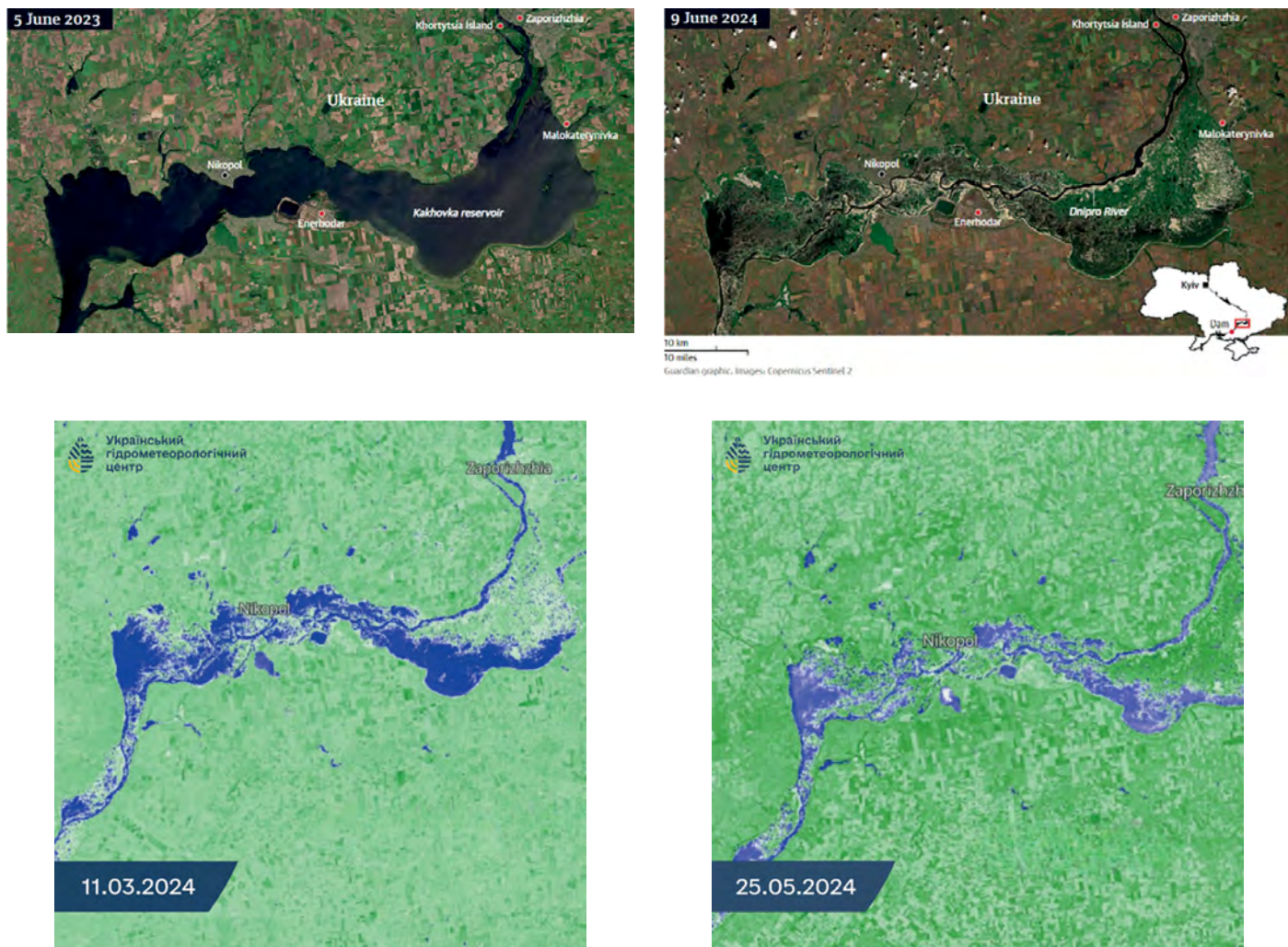
Карта рослинності і візуальна оцінка росту фітомаси на землях Каховського вдсх

Протягом 2023 року за даними Українського гідрометеорологічного центру⁴⁷ на місці Каховського водосховища відроджувався Великий Луг — понижена заплавна територія зі своєю унікальною лісовою екосистемою, а Дніпро повернувся у своє природне русло, яке було до 1956 року (рік будівництва Каховської ГЕС).

Такий швидкий темп відновлення рослинного покриву та тип рослинності, що розвивається на вивільнених землях, вказують на те, що ці землі можуть бути потенційно придатні для створення локальної контрольованої екосистеми на основі кластерів плантацій деревних або трав'янистих видів енергетичних культур **на певних обмежених ділянках** (там, де вони можуть бути інтегровані у природну екосистему).

Очевидно, що екосистеми, які розвиваються природним чином з кожним роком будуть мати все складнішу структуру і більше біорізноманіття (на ділянках, де будуть сприятливі кліматичні умови, особливо, зволоження). За умови використання енергетичних культур розвиток екосистем чи точніше фітоценозів буде обмежений періодом збору і ротаційним циклом. Згодом різниця буде проявлятися і буде залежати від періоду і способу збору — чим менший буде вік і чим частіше період збору, тим помітнішою буде різниця. Комбінована екосистема на основі природних рослин та багаторічних енергетичних культур деревного та трав'янистого типів будуть мати відмінності у розвитку і біорізноманітті у порівнянні із природними екосистемами, які самі по собі, стихійно і хаотично, розвиваються на місцевості, але з іншого боку можуть забезпечувати сталий і відновлюваний щорічний приріст біомаси для виробництва

47. <https://www.meteo.gov.ua/ua/news/Richnicya-pidrivu-okupantami-Kakhovskoi-HES>



Ілюстрація 11.

Карта рослинності і візуальна оцінка росту фітомаси на землях Каховського вдсх

енергії, а отже слугувати альтернативою виробництва енергії на ГЕС. Енергокультури, що культивуються на окремих кластерах всередині молодій природної екосистеми, що все ще знаходиться на стадії формування (її вік — 1.5 року, порівнюваний із періодом збору енергокультур — так, для верби і тополі це 1 раз на 3 роки, а перший збір — через 3-5 років, тобто в перші роки відбуватиметься паралельний розвиток природної й штучної екосистеми в практично однакових умовах і періодах), можуть бути інтегровані у цю екосистему і доповнювати її, справляючи в залежності від локальних умов як слабо позитивний вплив (відновлення ґрунтів, регулярний контроль, моніторинг, управління за станом рослинності на плантації, контроль за шкідниками, станом зволоження як частини процесу вирощування), так і нейтральний чи слабо негативний вплив. Отже, інтеграція енергетичних культур може являти собою певний збалансований варіант між необхідністю виробництва енергії і потенційно негативним (або нейтральним чи в деяких випадках позитивним)

впливом на місцеву природну екосистему в довгостроковій (десятиліття) перспективі і тільки на окремих обмежених ділянках (кластерах), де будуть вирощуватись енергокультури (до 10-20% площі дна водосховища).

Енергетичні культури деревного та трав'янистого типу, такі як верба, тополя, павловнія, міскантус, свічграс, кукурудза на силос мають значну частину біомаси, сконцентровану в верхній тонкомірній частині рослини — кроні, листі, гілках, які в значній мірі впливають на баланс органічного вуглецю в ґрунті (із цими органічними рештками рослин, які ніяким іншим чином не можуть використовуватись при зборі, повертається органічний вуглець в ґрунт після циклу збору), що сприяє консервації, можливості контролю та відновлення органічної частини вуглецю в ґрунті, як це спостерігається на практиці для промислових і дослідницьких плантацій в Україні і в ЄС-27 на схожих за властивостями деградованих / маргінальних землях зі схожими кліматичними умовами та що

найважливіше періодично підтоплюваними зволеними ґрунтами із значним вмістом вологи⁴⁸.

Вивільнені землі дна не використовувались в сільському господарстві або для інших цілей економічної діяльності, а отже, відсутня пряма конкуренція із виробництвом продуктів харчування. На цій землі не було і немає (станом на березень 2024 р.) поселень, інфраструктурних об'єктів, будівель і т.д., що також дає змогу створювати нерозривні кластери плантацій енергетичних культур на окремих виділених ділянках.

На супутникових знімках від 4 вересня 2023 р. видно, що вже тоді сформувалося нове русло р. Дніпро, а на підтоплених ґрунтах (дні) Каховського водосховища почали відбуватися процеси переходу від піщаного наносного ландшафту до трав'янистого і лісистого.

На супутникових знімках 7 листопада 2023 р. видно повністю сформоване нове русло Дніпра і межі Каховського водосховища. Треба відмітити, що на цих знімках вже візуально видно розвиток трав'янистої, чагарникової і молоді рослинності



Ілюстрація 12.

Супутникові знімки водосховища, 4 вересня 2023

деревного типу із щільністю, що подекуди перевищує сусідні ділянки (поза Каховським вдсх), де на постійній основі здійснюється сільськогосподарська діяльність. Такий різкий «вибух» фітомаси взагалі не характерний для природно-кліматичного поясу степної зони на півдні України. Консервація кількості фітомаси (або уникнення деградації рослинності через природні умови) за допомогою в тому числі інтеграції енергетичних культур на певних обмежених ділянках цих земель може мати потенційно позитивний ефект також у контексті локальної швидкої зміни кліматичних умов (за останні 20 років степова зона півдня України

поступово переходить до саванни, рідколісся або напівпустелі із відповідними коливаннями температур і вологи, що може негативно вплинути на молоді екосистеми виключно природного походження), включаючи позитивний вплив на забезпечення стійкості ґрунтів (уникнення виносу органічного шару ґрунту), зменшення пилового забруднення, забезпечення стійкості рослинності до різких кліматичних змін, що природним шляхом на початку розвитку екосистеми може бути менш пристосована до різких змін кліматичних умов, ніж енергетичні культури, які спеціально для цього виведені)⁴⁹.

48. Tsapko, Y., Starchenko, O., & Vodiak, Y. (2023). Using the ecosystem services potential of Chernozem to restore war-damaged land. *International Journal of Environmental Studies*, 80:2, 399-409, <https://doi.org/10.1080/00207233.2023.2179760>

Vodiak Ya., Tsapko Yu., Kucher A., Krupin V., Skorokhod (2022). Influence of growing *Miscanthus* giant on ecosystem services of chernozem. *Energies*. Vol.15, 4157. DOI: <https://doi.org/10.3390/en1514157>

<https://www.ndipvt.com.ua/301-viroschuvannya-energetichnoyi-verbi.html>

https://www.ndipvt.com.ua/TiTAPK/2017/TiT%20APK4_2017.pdf

<https://superagronom.com/articles/311-oleksandr-ganjenko-bioenergetichni-kulturi-varto-viroschuvati-na-degradovanih-gruntah>

<https://dspace.pdau.edu.ua/server/api/core/bitstreams/6fbc109a-149f-44b2-8df2-9f3d8fdd9d9f/content>

Галицька М. А. Динаміка зміни органічного вуглецю ґрунту при вирощуванні енергетичних культур: наслідки для залишків парникових газів та родючості ґрунту. Енергоефективність та енергозбереження: економічний, техніко-технологічний та екологічний аспекти : колективна монографія / За заг. ред. П.

М. Макаренка, О. В. Калініченко, В. І. Аранчій. Полтава: ПП «Астра», 2019. С. 376-380

http://bioenergy.gov.ua/sites/default/files/articles/86_24_0.pdf

<http://ecoj.dea.kiev.ua/archives/2021/6/11.pdf>

https://sae.gov.ua/sites/default/files/11_GNAP_24_11_2020.pdf

<https://uabio.org/news/7727/>

<https://www.fao.org/3/a0026e/a0026e11.htm>

https://www.researchgate.net/publication/251628796-The_potential_of_willow_and_poplar_plantations_as_carbon_sinks_in_Sweden

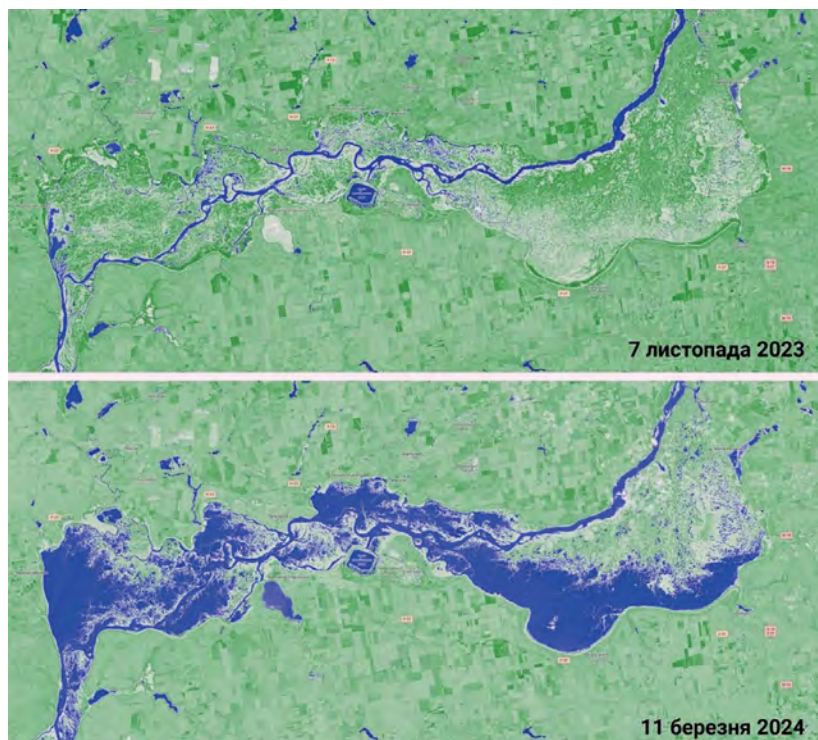
<https://www.esf.edu/cafri-ny/documents/willow-factsheet.pdf>

<https://www.fs.usda.gov/research/treesearch/7160>

<https://bg.copernicus.org/preprints/bgd-2005-0041/>

49. <https://uncg.org.ua/chomu-slid-vidrodyty-velykyj-lug/>

<https://susipilne.media/616607-te-so-mi-pobacili-duze-zdivuvalo-hersonskij-naukovec-pro-dno-kolisnogo-каховського-водосховища/>



Ілюстрація 13.

Сформоване русло р. Дніпро у листопаді 2023 і карта водопілля на землях водосховища у березні 2024 р., дані Інституту зоології ім. І.Шмальгаузена НАН України

Відповідно до інфографіки, створеної на основі супутникових даних від 11 березня 2024 р., видно, як змінився водний індекс NDWI (Normalized Difference Water Index — використовується для визначення об'єктів відкритих водних просторів та їх виділення на супутниковому знімку на тлі ґрунту та рослинності) з осені минулого року (верхнє зображення) до березня 2024 р. (нижнє зображення). Цей індекс визначається за супутниковими знімками Землі та дозволяє ідентифікувати водну поверхню.

Перший період водопілля у березні 2024 р. показує, що ці землі без додаткового регулювання водостоку р. Дніпро (будівництва гідротехнічних споруд) навряд чи можуть бути інтегровані у сільське господарство чи довгострокове будівництво інфраструктури. На знімку від 11 березня 2024 р. видно значне підтоплення території колишнього Каховського вдсх, що ідеально підходить для вирощування енергетичних рослин деревного типу (верба, тополя, павловнія), але водночас може негативно впливати на природну трав'янисту рослинність.



Ілюстрація 14.

Зарості верби на дні Каховського водосховища, Херсонщина, жовтень 2023 р.⁵⁰.

За даними декількох моніторингово-дослідницьких експедицій, на дні водосховища домінує наразі верба, яка з двох-шести листочків у червні 2023, виросла подекуди до трьох метрів заввишки.

Спеціально конкретно здійснювався аналіз на моніторингових ділянках. За 5 місяців рослини верби досягли 2,5 м висотою, а рекорд був 3,08 метра.

50. Експедиція Херсонського державного університету, Інституту ботаніки НАН України, Української природоохоронної групи провели на територію Національного природного парку «Кам'янська січ».

4. Погляди експертів-екологів на відновлення Каховської ГЕС

Більшість екологів і представників наукової спільноти вважають відбудову Каховської ГЕС неоднозначним заходом, нераціональним з точки зору використання ресурсів та у зв'язку із ситуацією, що наразі склалася на місці водосховища. Відновлення водосховища може мати потенційно шкідливий вплив на місцеву екосистему, яка тільки почала формуватися після його висихання⁵¹.

Так, наприклад, результати організованої ГО «Екологія. Право. Людина» наукової експедиції (травень 2024 р.) засвідчили формування на значних площах дна водосховища угруповань вербово-тополевих лісів, які охороняються на загальноєвропейському рівні, оскільки вони занесені до Резолюції №4 Бернської конвенції та є основою формування Смарагдової мережі Європи. Експерти прогнозують утворення чагарниково-лісових екосистем, які здатні накопичувати CO₂. Стратегія збереження біорізноманіття ЄС до 2030 року, а також нещодавно прийнятий Закон ЄС про відновлення природи передбачають повернення природних русел 25 тис. км річок, у тому числі ліквідацію ставків і водосховищ. В Україні цей процес відбувся внаслідок катастрофи, але створив унікальні умови для відновлення природи в масштабах, які, очевидно, не мають аналогів у світі. Тому повернення до водосховища може мати негативні наслідки для місцевої екосистеми. Попередньо, науковцями ГО «ЕПЛ» було розроблено декілька сценаріїв⁵², в рамках ініціативи «Каховська платформа», що закликають уряд переглянути рішення щодо відбудови Каховської ГЕС, а також звернення до прем'єр-міністра і уряду щодо критичної важливості громадського і фахового наукового обговорення проблеми перед тим, як приймати рішення про відбудову КаГЕС.

Ольга Гелевера к.г.н. вважає відновлення дамби недоцільним, оскільки це завдасть шкоди локальній екосистемі регіону, що формується⁵³.

Член правління Української природоохоронної групи Іван Мойсієнко зазначає, що існує два основних сценарії: або консервація природно сформованої екосистеми, або побудова каскаду малих водосховищ і ГЕС, які будуть інтегровані у природну екосистему з мінімальними наслідками.

Професор кафедри екології Національного університету «Києво-Могилянська Академія» Євген Хлобистов зазначає: «...Україні немає потреби відбудовувати зруйновану Каховську ГЕС». Базові проблеми, що стосуються водозабезпечення, водовідведення, зрошування можна вирішити і без водосховища за допомогою крапельного зрошування і нових систем водозабезпечення. Крім цього, ГЕС заболочувала малих приток р. Дніпро і саму р. Дніпро, впливала на стрімкий розвиток органіки, впливала на вторинне засолення ґрунтів через підвищену солоність води у водосховищі (велика маса води влітку через високу температуру випаровувалась, і вода ставала більш солоною, ближче до морської)

Водночас професор Херсонського університету Ігор Пилипенко вважає, що без відбудови КаГЕС неможливо забезпечити попередній рівень розвитку регіону з точки зору інтенсивності сільськогосподарства, забезпечення енергією і водою, а екосистема, яка наразі розвивається, може з часом деградувати до пустелі чи напівпустелі.

51. <https://www.nas.gov.ua/UA/Messages/Pages/View.aspx?MessageID=11102>

<https://texty.org.ua/fragments/110143/chomu-ne-slid-vidnovlyuvaty-kahovske-vodoskovyshe-i-v-chomu-koryst-zemel-sho-zyavlyysya>

52. <https://epl.org.ua/announces/vidbudova-kahovskoyi-ges-peredchasne-rishennya-kmu/>

53. <https://eco.rayon.in.ua/blogs/616673-chomu-ne-slid-vidnovlyuvaty-kahovske-vodoskhovishche>

Погляди Всеукраїнської екологічної ліги полягає в тому, що урядові рішення щодо експериментального проекту відбудови Каховської ГЕС є занадто швидкими і недостатньо обґрунтованими. У жодній країні ЄС ніхто б не фінансував і не реалізовував такий проєкт як будівництво нової ГЕС та заповнення водосховища розміру Каховського, оскільки витрати, необхідні для такого проєкту, виглядають абсолютно нераціональними порівняно з потребами, які можна задовольнити за рахунок водосховища. Більшість країн ЄС навпаки займаються спуском значно менших водосховищ через їхню екологічну недоцільність і більше не будують нових. Наприклад, відповідно до Екологічного договору України, зазначено і про Каховську ГЕС⁵⁴. Одна з 50 рекомендацій, викладених у Договорі міжнародною спільнотою, звучить так: врахувати думку науковців і громадськості щодо майбутнього Каховської ГЕС, а саме можливості її відновлення чи відмови від цього проєкту.

За даними еколога Вадима Манюка станом на 22 липня 2024 р. близько 150 тисяч га штучно створеної водойми вперше за понад пів століття мають такий вигляд: густий ліс з верби та різноманітна флора. Дикі види верби — перші «поселенці» на території колишнього водосховища. Сьогодні тут вже сформувалася щільна стіна молодого лісу. За словами еколога, якщо не відбудеться кардинальних змін у гідрорежимі Дніпра, то в плавнях більше не буде тотального пересихання ґрунтів. Весною і під час великих дощів ґрунт насичуватиметься водою, якої буде достатньо, щоб верба могла далі жити і процвітати. А пізніше й інші дерева. На думку вченого, вже зараз цей осередок продукує в масштабах всього континенту підвищені концентрації кисню і сприяє регулюванню клімату й газового балансу атмосфери⁵⁵.



Ілюстрація 15.

Висота верби в середньому досягає 4-5 м, з піком до 7 м за 2 роки вегетації на дні Каховського водосховища

й Консолідована позиція НАН України, висвітлена в ряді статей, загалом зводиться до сценарію консервації екосистеми без відновлення дамби і КаГЕС⁵⁶.

Детальний аналіз⁵⁷ відновлення Великого Лугу було проведено Українською природоохоронною групою (UNCG). Незабаром очікується більш широке дослідження щодо стану ґрунтів і

екосистеми, що формується на території висохлого Каховського водосховища. В аналізі зазначається зокрема, що «...не варто сліпо ставити питання "як відновити водосховище", натомість треба шукати рішення, як швидко і раціонально задовольнити наявні потреби держави та населення, використовуючи сучасні технології і рішення. Чим вигідні альтернативні сценарії?».

54. https://www.president.gov.ua/storage/j--files-storage/01/24/65/148029c127aa3b2a3fe9f482f9226118_1707492894.pdf

55. <https://texty.org.ua/fragments/113000/tut-stalosya-dyvo-yak-na-misci-kahovskoho-vodoshovysha-strimko-rozvyvayetsya-zhytlya-the-guardian/>

56. <https://www.nas.gov.ua/UA/Messages/Pages/View.aspx?MessageID=11102>

57. <https://uncg.org.ua/chomu-slid-vidrodyty-velykyj-lug/?fbclid=IwAR1f3ohsb9vRMjfkLayQsNWs8HXpWlf8migcconpqfQRM3DO2cBpkF8uKw0>

ГО «Екодія» провела дослідження⁵⁸ щодо різноманіття флори і фауни, яке вже розвивається або може розвиватись на території Великого Лугу, і яке може бути втрачено у разі затоплення цієї території.

Відновлення водосховища і будівництво великих ГЕС, таких як КаГЕС, також суперечить низці регламентів і резолюцій Європейського законодавства, зокрема Nature Restoration Law⁵⁹, Biodiversity strategy for 2030, та іншим природоохоронним документам⁶⁰.

Таким чином, за сукупністю ознак і приведених досліджень за останні 18 місяців ми вважаємо, що повернення до відбудови Каховської ГЕС із повторним затопленням 215 000 га території, на якій вже природним чином формується нова самоодстатня лісова екосистема (а отже, в такому випадку відбудеться її знищення через затоплення) є недоцільним і шкідливим, суперечить міжнародним практикам і законодавству — навіть з урахуванням очевидних переваг цього сценарію з точки зору забезпечення водопостачання, судноплавства, балансування та стійкості енергосистеми тощо. Вважаємо, що потенційні переваги цього сценарію нівелюються як мінімум прямою екологічною шкодою, що буде завдана екосистемі, що наразі частково сформована на території

водосховища. Тим не менш, цей сценарій може бути реалізовано у обмеженій формі і у комбінації із іншими, наприклад, відновлення гідровузла або греблі (або каскаду малих гребель), основною функцією яких буде не виробництво енергії, а забезпечення техніко-інженерних потреб – водопостачання, судноплавства, регулювання водопілля, забезпечення роботи Дніпровської ГЕС (підвищення рівня нижнього б'єфу), а виробництво енергії – буде вторинною функцією. ГЕС (або каскад) набагато меншої потужності (30-50 МВт) на основі технологій мГЕС можна впровадити на основі зазначених гідроспоруд, в результаті буде менша площа затоплення (до 10-20% від колишнього водосховища). Тобто граничною ціною затоплення 10-20% території Каховського вдсх. вважаємо вирішення суто технічних, але не енергетичних проблем. Ця інфраструктура може доповнюватись (для виробництва енергії на тому ж рівні, що був при КаГЕС і без шкоди або з мінімальною шкодою для довкілля і без затоплення) сценарієм вирощування енергокультур на обмежених ділянках (5-10% площі дна бувшого водосховища + 3-4% площі прилеглих маргінальних земель під рекультивацію), а також окремими кластерами з об'єктами генерації на основі СЕС/ВЕС (в тому числі СЕС на поверхні вдсх.) в рамках комбінованого сценарію (див. розділ 7).



58. <https://ecoaction.org.ua/dolia-kakhovskoho-moria.html>

59. https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/en/IP_22_3746

60. https://environment.ec.europa.eu/strategy/biodiversity-strategy-2030_en

5. Опис сценарію використання енергокультур

Сценарій передбачає можливість **часткового використання** земель дна Каховського водосховища (на обмежених ділянках, до 10-20% площі, що може забезпечити кількісно співмірне виробництво енергії у порівнянні з кінцевим енергоспоживанням електроенергії від зруйнованої ГЕС), а також територій, які постраждали від воєнних дій, для відновлення або створення нової самодостатньої локальної екосистеми шляхом використання енергетичних рослин як додаткового потенційного ресурсу сталої біомаси.

З енергетичних культур, найбільш пристосовані для вирощування в цій кліматичній зоні, ґрунтах і до рівня опадів, розглянемо 4 види: два трав'янисті — міскантус (багаторічна) і кукурудза на силос (однорічна) та дві деревного типу — вербу і тополя. Крім того, для цієї кліматичної зони потенційно підходять павловнія, сорго, світчграс, але в цьому контексті вони не розглядаються. Також розглянемо три випадки — повне використання 100% вивільнених земель — теоретичний максимальний варіант (який може відбутись в реальності з використанням як вивільнених земель водосховища, так і прилеглих територій), використання 85 000 га (40%) — площі правобережжя дна водо-

сховища від нового сформованого гирла р. Дніпро, що станом на березень 2024 р. підконтрольні Україні і 42 500 га (20%) — практичний варіант інтеграції енергетичних культур у місцеву екосистему. Для всіх варіантів зазначені площі не означають висадку на єдиному великому кластері, це може бути декілька десятків окремих кластерів плантацій по 10-20 тис. га, де кожен розділений природними трав'янистими та лісовими насадженнями.

Вихідні дані для розрахунку всіх вказаних варіантів представлено у таблиці:

Таблиця 3.

Вихідні дані для розрахунку сценаріїв посадок енергетичних рослин на дні Каховського водосховища

Тип енергетичної культури	Середня стандартна врожайність, т/га/рік	Коеф. кліматичної зони	Коеф. вологості	Коеф. ґрунту	Коеф. консервативності	Коеф. циклу	LCV, МВт·год/т (в середньому на сирі тонни з поля)	Коеф. перетворення ЗППЕ в КЕС
100% силос кукурудзи	120	1	1	1.05	0.9	0.33	4.25	0.8
100% тополя	35	0.93	1.073	0.9	0.9	0.75	3.65	0.8
100% верба	25	0.85	1.235	0.93	0.9	0.8333	3.9	0.8
100% міскантус	40	1	1	0.917	0.9	0.715	4	0.8

Звичайно, треба мати на увазі, що необхідні рівні зволоження як ґрунту, так і від опадів для, можуть змінюватися в часі. Наразі територія вже у зоні значної посушливості, надалі прогнозується ще менше доступної вологи. Також випаровування сприяло засоленню і переносу тієї вологи хмарами та опадами далі на південний схід, який наразі без водосховища може бути ще посушливішим. Такі якісні кліматологічні міркування наразі, на жаль, не мають кількісних оцінок чи на основі кліматичних моделей, але це важливо враховувати в сценарії енергокультур. Тому надалі розглядаються різні види енергокультур, які можуть бути культивовані як для перезволоженого ґрунту (верба, тополя), так і для більш посушливих умов (міскантус). Графік впровадження і конфігурація посадок

обов'язково мають передбачати різні типи посадкового матеріалу енергокультур і схему посадок в різний період часу (не засаджувати одразу тисячі гектарів, а рухатись поступово, починаючи від експериментальних плантацій на 50-100 га, до мачочника 200-500 га і далі, по мірі нарощування експериментальної бази даних щодо вирощування саме в конкретних кліматичних умовах і ґрунті вже рухатись до промислових плантацій від 500 га і більше). Все ці міркування були, наскільки це можливо, кількісно враховані у коефіцієнтах таблиці з вихідними даними на основі наявного досвіду вирощування на схожих кліматичних умовах і ґрунтах для кожного виду енергокультури.

Для кожного зазначеного варіанту далі можна прорахувати щорічну кількість енергії, яку можна отримати від використання біомаси, вирощеної на енергетичних плантаціях (у вимірі первинної енергії, що міститься в біомасі — ЗППЕ, і кінцевої енергії — КЕС). При цьому враховується саме щоріч-

ний відновлюваний приріст біомаси енергокультур у характерному для кожного типу циклі ротації. Задля спрощення для всіх енергокультур береться цикл ротації 20 років (у реальності для верби та тополі він може сягати 27 років).

Таблиця 4.

Кількість енергії від енергетичних рослин — ЗППЕ і КЕС за 1 рік і за цикл ротації 20 років для максимального сценарію 210 000 га

Тип енергорослин	Первинна енергія палива (ЗППЕ), ГВт•год/рік	Первинна енергія палива (ЗППЕ), за 20 років, ГВт•год	Кінцева енергія (КЕС), ГВт•год/рік	Кінцева енергія (КЕС) за 20 років, ГВт•год
100% силос кукурудзи	101,210	667,983	80,968	534,386
100% тополя	21,684	325,266	17,348	260,213
100% верба	17,990	299,824	14,392	239,859
100% міскантус	27,730	396,540	22,184	317,232

Далі цю кількість енергії можна порівняти із кількістю енергії, що потенційно буде вироблятися на Каховській ГЕС у випадку відновлення дамби. Так, відомо, яка кількість енергії вироблялася Каховською ГЕС до її знищення. За строк життя Каховської ГЕС і за останні 3 роки до війни 2019-2021 рр. і в 2022 р. середньорічне виробництво електроенергії коливалось близько до цифри 1500 ГВт•год/рік⁶¹ при встановленій потужності 334 МВт (таким чином КВВП складає 55%, що вписується в верхню межу КВВП для гравітаційних великих ГЕС на

рівнинних ріках з перепадом висот на гідроагрегатах до 20 м і відповідною гідрологією (стоком води) р. Дніпро). Якщо відновлена нова Каховська ГЕС буде аналогічна за встановленою потужністю і КВВП, то за 20 років виробництво складатиме 30000 ГВт•год електроенергії.

Знаючи кількість енергії від енергокультур і кількість енергії від ГЕС, можна порівняти ці дві величини (у виразі кінцевої енергії — КЕС).

Таблиця 5.

Співвідношення кінцевої енергії від енергетичних рослин і кінцевої енергії, виробленої на потенційній Каховській ГЕС (у виразі кінцевого енергоспоживання — КЕС)

Тип енергетичної культури	Співвідношення за 20-річний цикл (КЕС)			Співвідношення за 1 рік (КЕС)		
	210 000 га 100% площа	85 000 га 40% площа	42 500 га 20% площа	210 000 га 100% площа	85 000 га 40% площа	42 500 га 20% площа
100% силос кукурудзи	17.8	7.2	3.6	54.0	21.8	10.9
100% тополя	8.7	3.5	1.8	11.6	4.7	2.3
100% верба	8.0	3.2	1.6	9.6	3.9	1.9
100% міскантус	10.6	4.3	2.1	14.8	6.0	3.0

61. https://uhe.gov.ua/media_tsentr/novyny/kakhovska-ges-65-rokiv-na-varti-energetichnoi-bezpeki

Таким чином, на додачу до певних вигод від вирощування енергокультур описаних вище, для сценарію консервативного використання 20% вивільненої землі (42 500 га) для всіх енергокультур енергетичний вихід 20-річного ротаційного циклу більше в 1.6 (для верби)-3.6 (для силосу кукурудзи) рази у порівнянні з Каховською ГЕС у виразі кінцевої енергії (КЕС). Використання біомаси (як універсального палива, з якого можна виробляти теплову, електричну енергію (в т.ч. в режимі балансування енергосистеми), рідкі біопалива, відновлювані гази та інші продукти) переважає над використанням електроенергії (як одного типу енергії) від ГЕС.

Ми свідомо утримуємось від переліку негативних впливів великої гідрогенерації на біотопи, біорізноманіття, кліматичні процеси, локальні екосистеми, вважаючи її рівнозначною із іншими ВДЕ, включаючи біоенергетику (яка займає 50-60% генерації первинної енергії ВДЕ у ЄС). Хоча велика гідрогенерація в певній мірі відповідно до класифікації IRENA і MEA вважається «умовним» ВДЕ зі значними неконтрольованими «externalities» (негативні ефекти від проекту поза ОВНС чи проектною документацією, які не відслідковуються в рамках проекту, але прямо впливають на екосистему), додатковий негативний вплив її на довкілля подекуди перевищує позитивний вплив як ВДЕ.

Таким чином, можна виділити наступні переваги сценарію створення плантацій енергокультур на локальних кластерах дна Каховського водосховища:

1. Більший ніж для ГЕС вихід енергії при використанні значно меншої площі (10-20% вивільненої площі).
2. Створення стійкої контрольованої локальної екосистеми, яка доповнюватиме і сприятиме консервації та формуванню кліматично стійких природних екосистем.
3. Уникнення затоплення великих територій із відповідним впливом на біорізноманіття і знищення земель потенційно придатних для іншої діяльності (в т.ч. в майбутньому і сільськогосподарської із мультиплікаційними

ефектами для місцевих громад в економіці України).

4. Створення системи сталого управління землею на ротаційний цикл щонайменше 20 років у кластерах, що інтегровані в природну екосистему (в перспективі на довшу перспективу).
5. Збереження, або підвищення родючості ґрунтів після закінчення циклу ротації енергорослин, рекультивація забруднених ґрунтів, щорічний моніторинг їх стану.
6. Розвиток сектору біоенергетики в регіоні, що значно постраждав від військових дій і потребує відновлення інфраструктури (із відповідним збільшенням споживання енергії) і водночас недостатнім сталим потенціалом локальної деревної біомаси.
7. Універсальність біомаси як палива, що може використовуватись в секторі виробництва тепла, електроенергії, біопалива для транспорту, інших продуктів (відновлюваних газів, пелет, біо-нафти, відновлюваного комерційного CO₂);
8. Декарбонізація енергетичного сектору і, зокрема, сектору сільського господарства, сприяння досягненню цілей України щодо декарбонізації, кліматичної нейтральності і зеленого відновлення за допомогою сталих технологій без порушення стану лісових екосистем, що формуються.

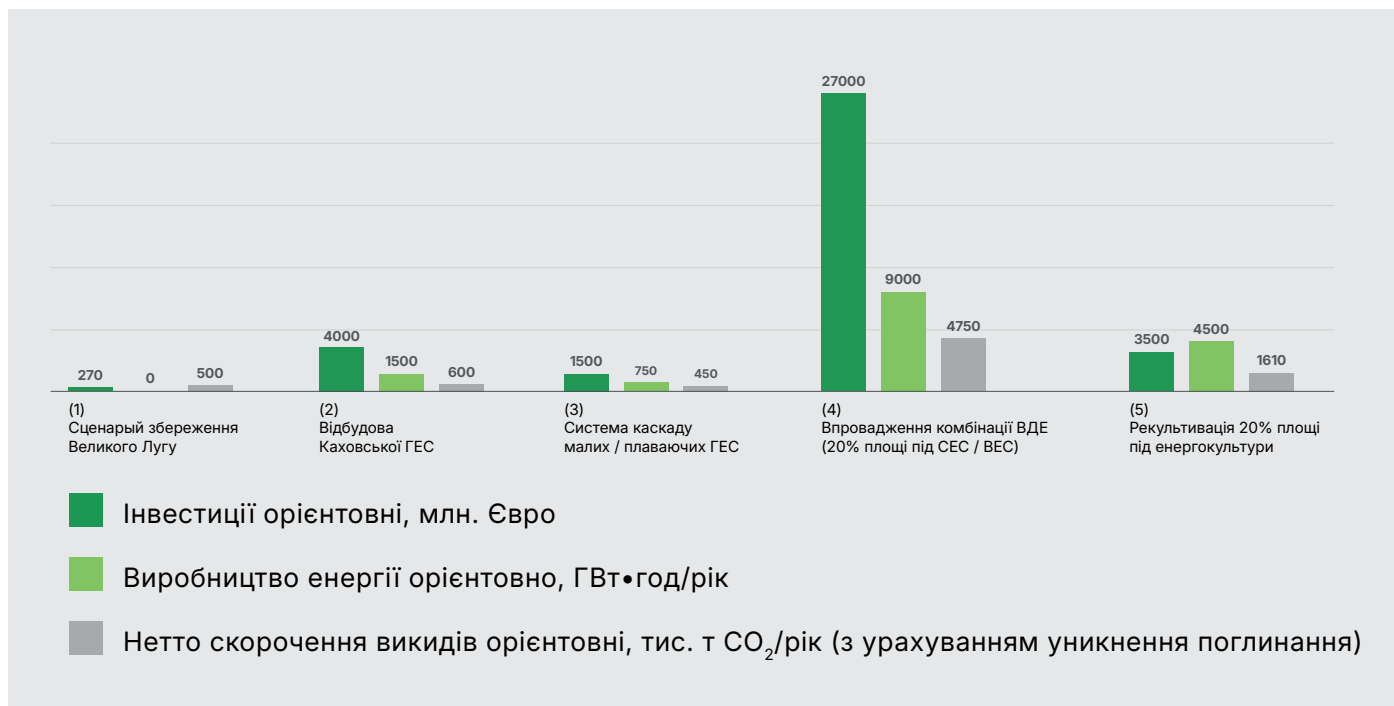
Треба зазначити, що 16 березня 2024 р. КМУ прийняв Постанову №286 Про запобігання нецільовому використанню земель, які займало Каховське водосховище⁶². Постановою передбачається на період дії воєнного стану та протягом п'яти років після його припинення чи скасування заборонити формування, передачу у власність або користування та зміну цільового призначення земельних ділянок на землях, які займало Каховське водосховище⁶³, крім передачі у користування, зміни цільового призначення земельних ділянок з метою подальшого відновлення Каховського водосховища та будівництва гідротехнічних споруд.



62. <https://www.kmu.gov.ua/news/uriad-pryiniav-postanovu-pro-zapobihannia-netsilovomu-vykorystanniu-zemel-iaki-zaimalo-kakhovske-vodoskhovishche>

Ілюстрація 16.

Порівняння сценаріїв за показниками початкових інвестицій, скорочення викидів CO₂, виробництвом кінцевої енергії



У інвестиціях для варіанту Великого Лугу враховуються умовні витрати на дослідницьку роботу, сприяння розведенню і культивуванню флори і фауни екосистеми, витрати на охорону, туризм і рекреацію, для варіанту комбінації СЕС/ВЕС – також витрати на додаткову інфраструктуру на трансформацію, передачу, постачання е/е (крім прямих витрат на проект), для варіанту енергокультур враховуються загальні інвестиції у весь ланцюжок від плантації (включаючи перепосадку через 20 років, тобто два ротаційних цикли (40 років строк життя проекту)), і закінчуючи технологіями перетворення біомаси в енергію/продукти, що пропорційно розділено між електрогенерацією (25%), теплогенерацією (25%), біопаливами на транспорті (25%), виробництвом відновлюваних газів (25%). Всі цифри щодо інвестицій, скорочень викидів і виробництва енергії є приблизними і дають змогу порівняти сценарії, але для більш точного аналізу необхідно робити додаткові розрахунки і ТЕО з урахуванням специфіки кожного типу проекту.

За сукупністю трьох параметрів сценарій енергокультур має кращі показники, ніж інші сценарії і є більш універсальним, оскільки може з одного боку напряму не прив'язуватись до території колишнього водосховища КаГЕС (реалізовуватись на інших маргінальних / малопродуктивних / покинутих / деградованих / забруднених землях, що підлягають рекультивувати в регіоні, наприклад місцеві кар'єри, відвали ГЗК), а також не прив'язуватись до інфраструктури відпуску електроенергії чи до типу енергії як вихідного продукту (біомаса з енергокультур є універсальною сировиною, з якої можна виробляти як теплову і електричну енергію, так і інші відновлювані продукти для подальшого перетворення (біометан, відновлювані гази, тверді і рідкі біопалива, тощо)), а з іншого боку, як було показано вище, характеризується меншим негативним впливом на довкілля (а в окремих випадках позитивним, рекультивативним, відновлюваним впливом на ґрунти), у порівнянні з чотирма іншими варіантами.



6. Універсальність сценарію енергокультур

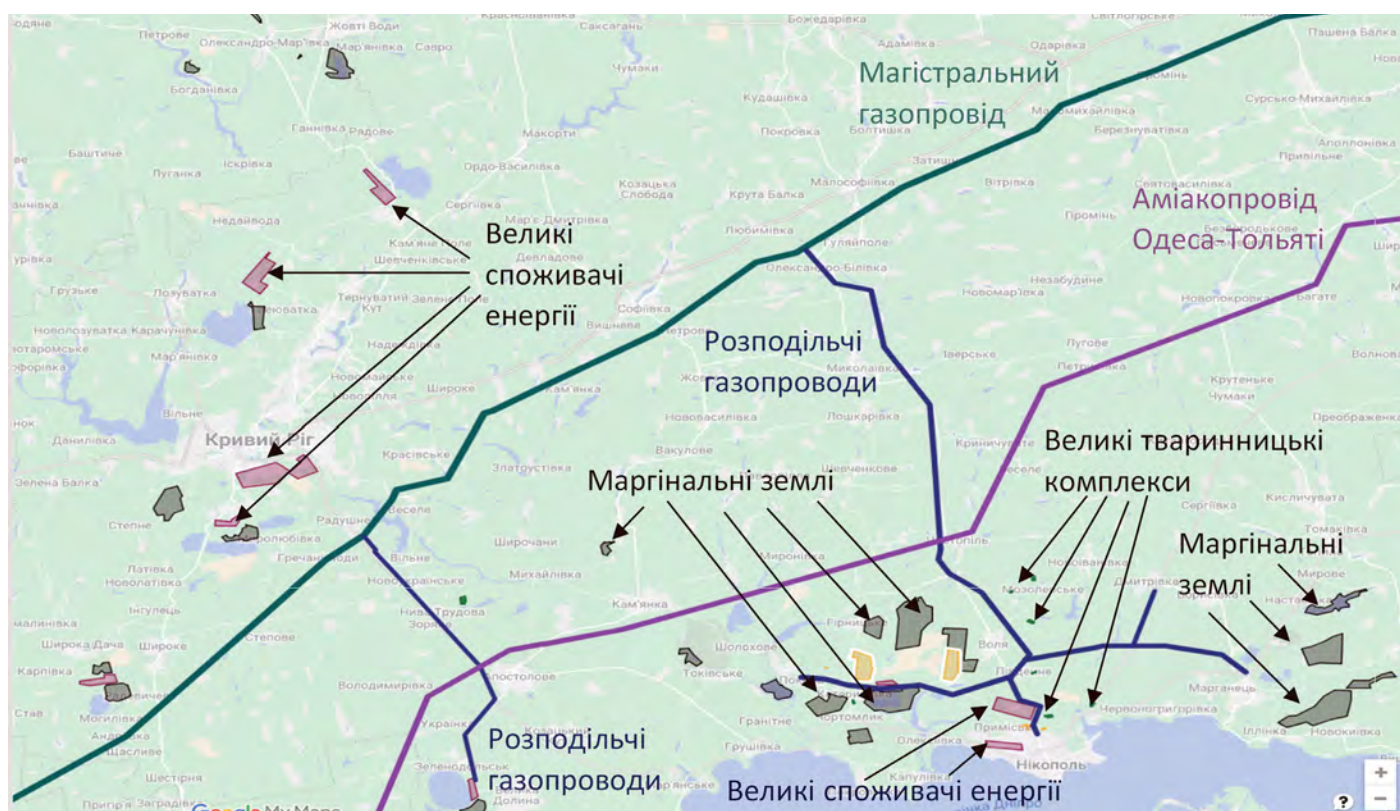
Представлений сценарій можна вважати універсальним, оскільки він може бути реалізований без прямої прив'язки до частини дна Каховського водосховища, але в тому ж регіоні на інших землях, які територіально та за властивостями ґрунту (маргінальні, покинуті) подібні до дна водосховища. Це, зокрема, визначається специфікою регіону, в якому пропонується реалізація сценарію, а саме наступними факторами:

1. Наявність у безпосередній близькості (20-30 км, переважно в Криворізькій і Марганецькій територіальних громадах) до водосховища інших земель або кластерів, що класифікуються як маргінальні / покинуті / забруднені, а саме:
 - Кар'єри, що вже виведені з господарської діяльності та потребують рекультивації (наразі заростають дикими видами верби та тополі), або ті, що вичерпані та готуються до консервації найближчим часом. Також це стосується відвалів кар'єрів, шахт і ГЗК, що потребують рекультивації. Загальна оціночна площа виведених з експлуатації кар'єрів та відвалів — близько 1500 га; кар'єри, що незабаром будуть виведені — ще до 1000 га. Основні кар'єри — ті, що прив'язані до ГЗК (ПівденГЗК, ПівнічГЗК, ІнгулецьГЗК, Чкаловський ГЗК) та потенційно шахти з видобутку уранових руд (Жовті Води, Вільногірськ) тощо.
 - Місцеві полігони ТПВ, що мають підвищені у порівнянні з середніми по Україні показники морфологічного складу за неорганічними відходами промисловості (оскільки сам регіон має високий ступінь індустріалізації і відходи промисловості вивозяться на місцеві полігони), які також підлягають закриттю і рекультивації (деякі вже закрито, але не рекультивовано). Оціночна площа на відстані 50-100 км від водосховища (правобережжя Дніпра) — до 500 га.
 - Деградовані землі, що постраждали внаслідок перманентних військових дій — знищені лісові насадження; сільськогосподарські угіддя, що втратили продуктивність; окремі зони міст і селищ, що потребують відновлення / рекультивації по обидва боки р. Дніпро. Площа таких земель: правобережжя — смуга глибиною 10 км та довжиною 100 км уздовж водосховища оцінюється у 1500 га.
2. Розвинена інфраструктура об'єктів виробництва електроенергії з ВДЕ (СЕС/ВЕС) на відстані до 50-100 км від водосховища, що дає можливість здійснювати комплексні проекти комбінованого використання енергії від ВДЕ й енергокультур в рамках єдиного кластеру.
3. Наявність масштабних додаткових джерел біомаси в регіоні — відходів поживних решток сільськогосподарської діяльності (кукурудза, солом зернових, соняшник). Регіон є аграрно розвиненим, де вздовж водосховища компактно сконцентровані кластери полів кількох великих агрокомпаній, які одночасно є як виробниками ресурсів біомаси, так і потенційними споживачами виробленої енергії. Загальний приведений щорічний потенціал у зоні 100 x 50 км від водосховища оцінюється в межах 450-550 тис. т (100-120 тис. т н.е./рік первинної енергії). Крім цього, наявні джерела біомаси з відходів тваринництва (гній і гноївка) — від птахокомплексів (найбільший птахокомплекс України — Дніпровський — 7 км від водосховища), ферм ВРХ і свиноферм (Стронг-Інвест), агрохолдинг «КСГ-Агро», Нива Трудова (також має поля поряд), «Зоотехнологія» (Новорайськ), загальний приведений потенціал оцінюється до 140-150 тис. т н.е./рік.
4. Промисловість, яка є потенційно великим споживачем енергії, що виробляється з енергокультур. Так, наприклад, важка промисловість і ТЕС/ТЕЦ, може бути потенційним майданчиком з вже наявною інфраструктурою та землею для реалізації комплексного проекту з використанням різних типів біомаси й інтеграцією ВДЕ. Основні — це Нікопольський феросплавний завод, Ареслор Міттал, Кривий Ріг Цемент, технопарк Ареслор Міттал, ПівденьГЗК та інші ГЗК, місцеві ТЕЦ/ТЕС, а також інші підприємства міст Кривий Ріг, Нікополь, Марганець, Запоріжжя. Ареслор Міттал і Кривий Ріг Цемент уже виявляли зацікавленість у реалізації комплексних проектів ВДЕ, зокрема, для обпалювальних печей (частково вже реалізовано на печах Кривий Ріг

Цемент на відходах лушпиння соняшника) і для виробництва біометану (і інших відновлюваних газів) на технологію виробництва сталі, забезпечення власних потреб в енергії (спалювання на ТЕЦ заводу) або постачання в газову мережу. Таким чином, існуючі підприємства можуть виступати в ролі інвесторів чи ко-інвесторів у енергетичну плантацію в тому числі в рамках рекультивації їх власної інфраструктури відвалів і закритих ГЗК (що знаходиться в межах однієї власності, що спрощує проектний цикл).

Загальна площа земель, що можуть підлягати рекультивації в зоні поряд з Каховським вдсх (100 x 50 км), наразі складає близько 2000 га. Землі, які підлягатимуть рекультивації в найближчому майбутньому, додають ще близько 2 800 га. Загалом це 4800 га, що становить 15% від площі, передбаченої сценарієм для використання 20% дна Каховського вдсх під енергокультури. Основна відмінність полягає у більшій розпорошеності площ, що може збільшити вартість біомаси з енергокультур через вищі витрати, головним чином через більш складнішу логістику і ефект масштабу. Тому в цьому випадку, оскільки ресурсів біомаси з енергокультур менше, доцільно розглядати не просто проект вирощування енергокультур як

окремий вид діяльності із продажем біомаси як кінцевого продукту, а вертикально інтегрований проєкт замкнутого циклу, як комплексного проєкту ВДЕ. Це може бути реалізовано як кластер з інтеграцією місцевих СЕС/ВЕС (або будівництво нових), з використанням наявних відходів гною та відходів агросектору як додаткової сировини. Продуктом виробництва можуть бути різні види енергії — тепла, електрична, енергія холоду, а також біометан, біогаз, дигестат, органічні добрива, рідкі біопалива (I-III покоління), біонафта, відновлюваний водень чи інші гази, відновлюваний CO₂ (поглинання) для подальшого комерційного використання. Комплексний проєкт з виробництва відновлюваних газів має ще одну перевагу, оскільки в регіоні розвинена газова інфраструктура з одними з найбільших одиничних споживачів природного газу в Україні. Тобто наявна висока пропускна здатність розподільчих газових мереж і магістральний газопровід Дніпро-Кривий Ріг-Тирасполь, що не обмежує масштаб проєкту. Крім того, через регіон проходить магістральний аміакопровід Дніпро-порт Южне (ОПЗ)-Одеса для потенційного експорту зеленого водню. (як показано на схемі компактного розташування згаданої інфраструктури у зоні біля экс-Каховського вдсх., що була розроблена авторами дослідження⁶³).



Ілюстрація 17.

Територіальне розміщення інфраструктури і потенційних ділянок деградованих і маргінальних земель під рекультивацію біля Каховського водосховища

63. https://www.google.com/maps/d/edit?hl=uk&mid=1mgEvIGS-BMn_S8wsnt_oZDcXUBieLD8&ll=47.98428283294925%2C33.399955465924315&z=10

Для прикладу, проект виробництва біометану виходячи із сценарію 4800 га під енергокультури (силос кукурудзи) та наявної іншої біомаси в регіоні, може мати масштаб до 20 млн. $\text{м}^3/\text{рік}$ еквіваленту біометану (в рамках одного кластеру). Побічним продуктом може бути виробництво відновлюваного CO_2 (при очищенні біогазу до стану біометану) — до 15 млн. $\text{м}^3/\text{рік}$, що також є прямим поглинанням викидів CO_2 . У разі використання певної частки потужностей ВДЕ, яка «вільно» доступна в регіоні (оскільки її прийом до енергосистеми періодично обмежується оператором через поточний стан енергосистеми і інші фактори), такий проект може виробити додатково до 80 млн. м^3 відновлюваного водню. Це у підсумку може додатково дати 20 млн м^3 біометану (процес метанації водню і CO_2 , реакція Сабат'є).

Загальні інвестиції в такий проект енергетичного кластеру (40 млн. м^3 біометану або 20 млн. м^3 біометану + 80 млн. м^3 відновлюваного водню) можуть становити 150-220 млн. євро. Це включає

35-45 млн. євро інвестицій у дві ротації енергетичної плантації на силос кукурудзи (4800 га), в залежності від конфігурації обладнання та інших факторів. Загальне виробництво енергії (у КЕС) може скласти 20-25 тис. т н.е./рік. Ця енергія має низку переваг над електроенергією від ГЕС, оскільки є більш гнучкою, незалежною від клімату та погодних умов, а тому може використовуватись для балансування енергосистеми (де сама система газопроводів включаючи магістральні завдяки великому масштабу може виступати в ролі акумуляції енергії). Для порівняння, інвестиції у відбудову Каховської ГЕС можуть скласти 3-5 млрд. євро із виробництвом енергії 120-130 тис. т н.е./рік.

Як приклад, реалізація енергетичного кластеру, де плантація енергокультур буде відігравати допоміжну роль постачальника сировини, може виглядати наступним чином:

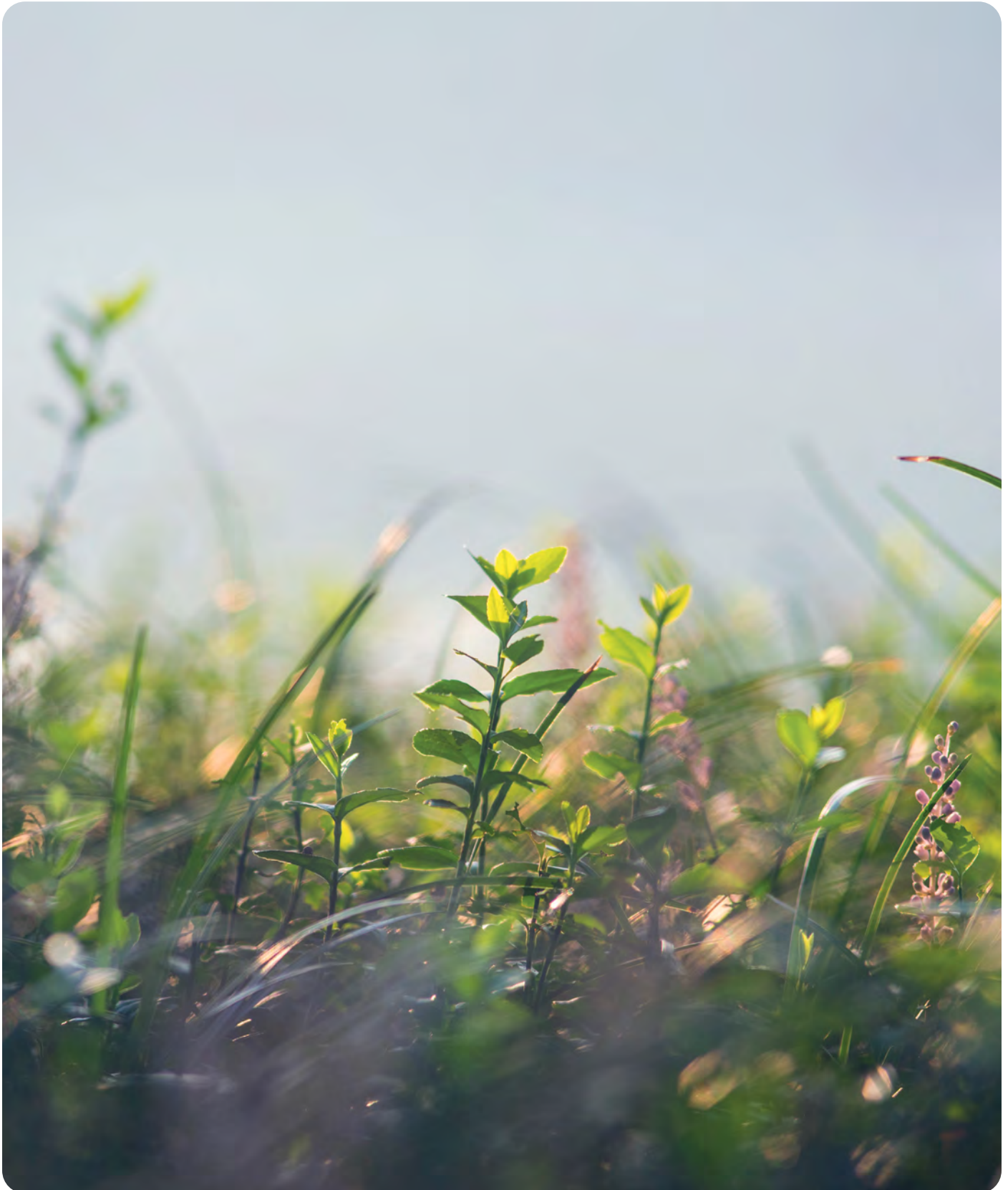


Ілюстрація 18.

Реалізація енергетичного кластеру

Такий енергетичний кластер є більш універсальним як по сировині, так і по вихідним продуктам у порівнянні із будь-яким іншим розглянутим окремим варіантом виробництва енергії. Треба також зазначити, що використання енергокультур на зброджування є більш прийнятним у випадку підтвердження значного перевищення концентрації важких металів і інших забруднюючих речовин в ґрунті дна Каховського водосх. У цьому випадку органічна і неорганічна частини сировини будуть

відокремлюватися самим процесом зброджування на біогаз/біометан і або підлягати частковому розкладу чи зв'язуванню, або осідати у вигляді дігестату (що в залежності від концентрацій забруднюючих речовин можна використати повторно в рециклінгу, наприклад, повертати в поля у вигляді органічного добрива або у ґрунт дна водосховища для його рекультивації, а також як добавка при виробництві будівельних матеріалів).



7. Комбінований сценарій відновлення

З метою об'єднання проаналізованих альтернатив відновлення пропонується «компромісний» або так званий комбінований сценарій відновлення. В ньому враховуються позитивні особливості кожного проаналізованого варіанту і нівелюються певні притаманні за визначенням недоліки кожного варіанту. Крім цього, у комбінованому варіанті кожна альтернатива доповнює одна одну з точки зору виробництва енергії, задоволення суспільних потреб, максимуму користі для громад і незаподіяння додаткової шкоди довкіллю, мінімального використання площі дна водосховища.

Після аналізу різних комбінацій пропонується наступна конфігурація комбінованого варіанту із застосуванням в певній пропорції всіх розглянутих варіантів:

1. Впровадження технічних гідроспоруд (з обвідними каналами) для 3 цілей задоволення суспільних потреб (без виробництва енергії): регулювання водопілля, водопостачання, судноплавство.

Де можливо, де це не заважає судноплавству, — впровадження на технічних гідроспорудах додатково малої гідроенергії — до 10-20 малих ГЕС (встановлена потужність 50 МВтел (див. розділ 2.3), відпуск електроенергії — 150 ГВт•год/рік) для забезпечення 10% відпуску еквівалентної кількості енергії КаГЕС. Оціночна площа затоплення під вказані цілі на основі схожих проектів — до 20000 га. (9.3% площі вдсх.). Це значна площа затоплення, але такою є мінімальна (або близько до мінімальної) ціна відновлення водопостачання (особливо для лівобережжя), контролювання водопілля і судноплавства.

2. Використання СЕС/ВЕС для забезпечення до 50% відпуску еквівалентної кількості енергії КаГЕС (700 ГВт•год/рік) в наступній конфігурації:

- Встановлена потужність СЕС — 400 МВтел, відпуск електроенергії (КЕС) — 350 ГВт•год/рік, площа — 400 га (0.2% від площі вдсх.)
- Встановлена потужність ВЕС — 200 МВтел, відпуск електроенергії (КЕС) — 400 ГВт•год/рік, площа — 100 га (0.05% від площі вдсх.)

Цей компонент — чисто енергетичний із одного боку мінімальним використанням площі, з іншого — із прив'язкою до масштабу виробництва енергії до підриву КаГЕС.

3. Використання енергокультур для виробництва 1950 ГВт•год (КЕС) у наступній конфігурації:

- 650 ГВт•год на електроенергію в комбінації з іншими технологіями (покриття в сумі 100% еквівалентної кількості виробництва е/е КаГЕС).
- 650 ГВт•год на теплову енергію для місцевих громад (50% — в режимі когенерації з виробництвом електроенергії)
- 650 ГВт•год на енергію продуктів (біогаз, біометан, рідкі біопалива, тверде біопаливо).

Загальна площа такого кластеру енергокультур — 12 000...15000 га, з них 4000 га — на маргінальних землях під рекультивацію поза водосховищем (закриті шахти, відвали, кар'єри), 8-11 тис. га на водосховищі (3.7...5% площі вдсх.).

Компонент комбінованого виробництва електроенергії, теплової енергії і іншої енергії із задіянням мінімально площі водосховища і максимально — площі сусідніх маргінальних земель.

4. Вся інша площа водосховища (85%-86%) — залишається для природнього відновлення.

Таблиця 6.

Зведені показники комбінованого варіанту відновлення

Опція відновлення	Встановлена потужність, МВт (ел)	Відпуск енергії (КЕС), ГВт•год/рік	% від енергії КаГЕС	Використана площа водосховища, га	% використання площі вдсх.
Впровадження технічних гідроспоруд	-	-	-	20 000	9.3%
Впровадження на технічних гідроспорудах додатково малої гідрогенерації	50	150	10%	0	0%
Використання СЕС/ВЕС (площа водосховища, де можливо, СЕС - надводні)	400 СЕС + 200 ВЕС	350 СЕС + 400 ВЕС	40%	400+100	0.2+0.05%
Використання енергокультур (площа водосховища і сусідні маргінальні землі)	-	3 x 650	3 x 40%	11000	5%
Природне відновлення	-	-	-	183 500	85.5%
ВСЬОГО	-	1550 електрика) + 1300 (тепло/інше)	100% (електрика) + 80% (тепло/інше)	215 000	100%

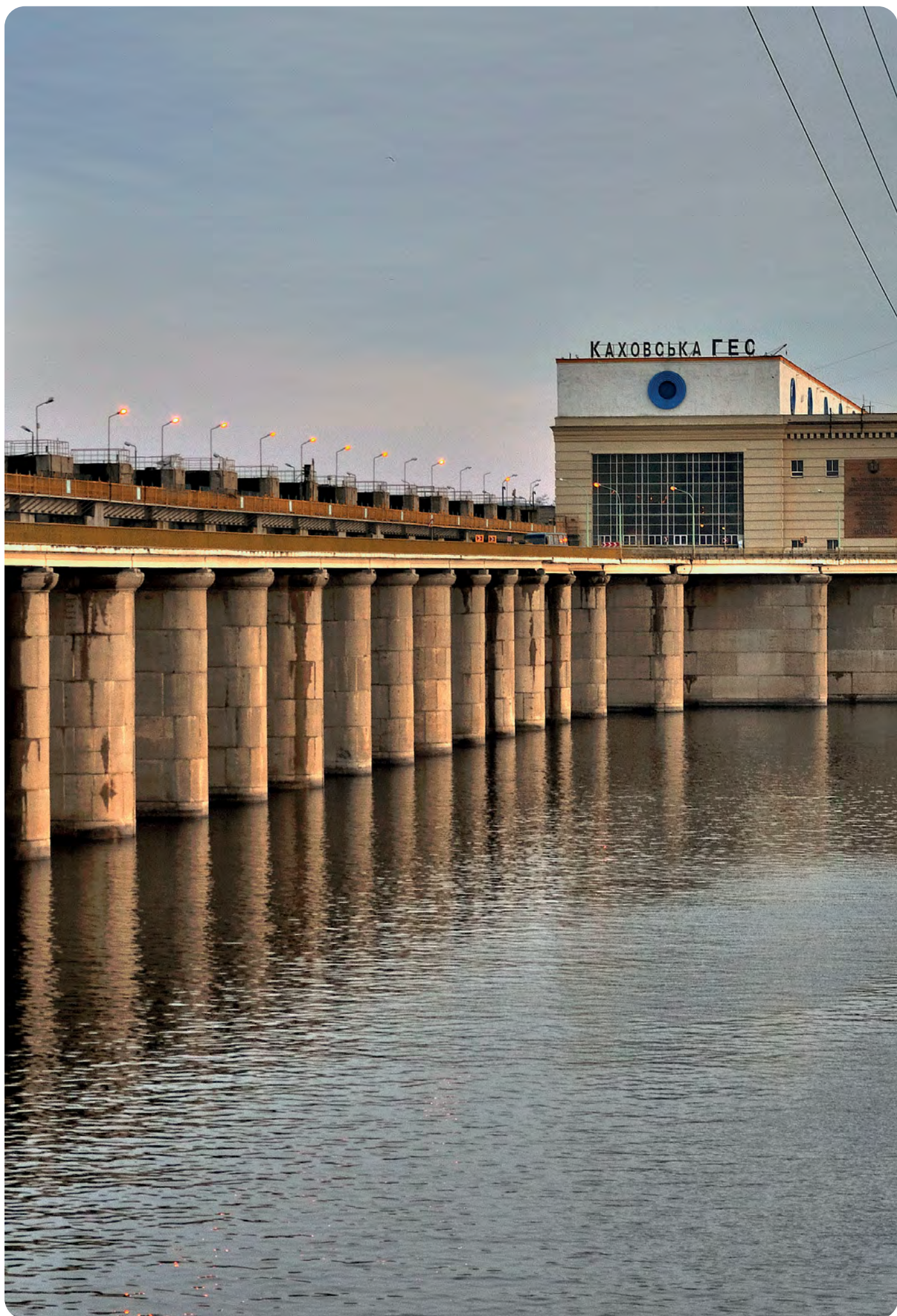


8. Джерела цільового фінансування проєктів відновлення і рекультивації території колишнього водосховища

Сценарій вирощування енергокультур має ще одну перевагу — потенційно ширші можливості щодо фінансування у порівнянні з відбудовою великої ГЕС. Оскільки він передбачає впровадження зелених технологій рекультивації, циркулярної економіки, виробництва відновлюваною енергії та відповідає фундаментальним вимогам зеленого переходу, European Green Deal, а також критеріям сталості та збереження біорізноманіття. Такі проєкти зазвичай можуть фінансуватися через окремі програми та фонди, які спеціалізуються на фінансуванні певних типів проєктів. Вони підтримують як пілотні та демонстраційні, так і комерційні проєкти, а також надають грантове фінансування, що покращує економічні показники проєкту. В той же час ймовірність, що МФО профінансують велику гідрогенерацію через затоплення значних територій, які наразі є незатопленими, негативний вплив на місцеву екосистему, що формується, негативний вплив на біорізноманіття, невідповідність окремим критеріям сталості є низькою або нульовою. Централізація виробництва також несе і безпекові ризики для потенційних міжнародних інвесторів. Більшість МФО взагалі наразі відмовились фінансувати велику гідрогенерацію (тільки проєкти-довгострої, які добудовуються в Китаї і Бразилії), що нестиме за собою високі репутаційні ризики для МФО і України.

Серед основних потенційних інвесторів опції енергокультур можуть виступати IFC, World Bank, EBRD, фонди UNDP / UNIDO, а також спеціалізовані програми, такі як GEF та European Climate Foundation, а також національні інвестори. Усі ці фонди об'єднує те, що вони мають чіткі критерії щодо відбору проєктів, зокрема наявність повноцінного «bankable» ТЕО проєкту. Вони зосереджені на проєктах, що генерують прямі скорочення викидів парникових газів (це основний критерій відбору — «climate friendly / mitigation projects») і не фінансують велику централізовану енергетику. Відповідно такі технології, як великі ГЕС, виробництво електроенергії з вугілля, будівництво АЕС, не підлягають фінансуванню.





Таблиця 7.

Міжнародні і національні програми фінансування проєктів відновлення (що не фінансують відбудову великих ГЕС, але фінансують зелені проєкти різних типів)

Назва	Тип	На що поширюється	Хто має право на участь у програмі?
Доступ до енергії Фонд - Енергія для зростання	Фонд	Кінцевою метою АЕФ є підтримка проєктів приватного сектору, пов'язаних з виробництвом, передачею або розподілом енергії, для забезпечення сталого доступу до енергетичних послуг на ринках, що формуються, та в країнах, що розвиваються. Підтримка біоенергетичної діяльності: Виробництво, передача або розподіл енергії.	
Європейський інвестиційний банк	Позики, гарантії, акціонерний капітал інвестиції та консультаційні послуги	Банк має на меті підтримувати проєкти, які сприяють досягненню пріоритетів та цілей Європейського Союзу. Банк надає пріоритетну підтримку у шести сферах, а саме: клімат та навколишнє середовище, розвиток, інновації та навички, малий та середній бізнес, інфраструктура та згуртованість. Біоенергетика: Заміна викопних видів палива, поводження з відходами, відновлювана енергія (тобто біомаса) та біогаз.	Великі та малі інвестиційні проєкти, що сприяють досягнення цілей політики ЄС.
Мережа консультантів з питань приватного фінансування (PFAN) Агентства США з міжнародного розвитку (USAID-CTI)	Фінансування фондів	Чиста енергія, сонячна, вітрова, гідро, біомаса, біопаливо, переробка відходів в енергію, біогаз.	Малі та середні підприємства та мікропроєкти, які надають переваги в адаптації до зміни клімату та шукають інвестиції в розмірі від 1 до 50 мільйонів доларів США. Проєкти, які сприяють впровадженню гендерних аспектів у внутрішню діяльність та діяльність на ринку. Розробник проєкту повинен взяти на себе зобов'язання щодо виконання рекомендацій PFAN. Проєкт повинен призвести до скорочення потенціалу викидів парникових газів.
Східноєвропейське партнерство з енергоефективності та довкілля (E5P)	Грантові кошти	- Централізоване тепlopостачання. - Енергоефективність у громадських будівлях (школи, дитячі садки, лікарні). - Енергозберігаючі заходи в житловому секторі. - Відновлювані джерела енергії (включаючи біомасу) - Вуличне освітлення. - Водопостачання та водовідведення. - Поводження з твердими побутовими відходами. - Міський транспорт.	Проєкти муніципального сектору.
ESFC Інвестиційна група	Кредитні кошти	Проєкти з виробництва енергії з біомаси, такі як теплові електростанції та системи централізованого тепlopостачання в сільськогосподарських муніципалітетах.	Масштабні проєкти за участю приватного або державного сектору.
Copenhagen Infrastructure Partners (CIP)	Спільні підприємства, фінансування за рахунок боргових зобов'язань	Усі кошти CIP інвестуються в інфраструктурні проєкти з відновлюваної енергетики, які сприяють переходу світової економіки до сценарію нульових викидів до 2050 року. Проєкти з біомаси в т.ч.	

Донор	Коментарі	Посилання на сайт	Посилання для подання пропозицій
51% акцій належить голландській державі, а 49% — комерційним банкам, профспілкам та іншим представникам приватного сектору	Основна увага зосереджена на Африці, проте Україна також є у списку країн, яким надається підтримка (було реалізовано 5 проектів) https://www.fmo.nl/world-map?search=&region=ua&year=&projects=allProjects&sector%5B%5D=3	Посилання	Посилання
ЄС	Подання заявок не передбачає жодних особливих формальностей, і ЄІБ не вимагає від своїх позичальників заповнення стандартних форм або анкет. Ініціатори проектів повинні просто надати Операційному директорату Банку детальний опис своїх капітальних інвестицій разом з передбачуваними механізмами фінансування, щоб ЄІБ міг оцінити, чи відповідає проект поставленим цілям кредитування та чи має він добре розроблений бізнес-план.	Посилання	Контактна інформація
PFAN — це глобальне багатостороннє державно-приватне партнерство, ініційоване Агентством США з міжнародного розвитку (USAID) та Ініціативою з кліматичних технологій (CTI) у співпраці з Групою експертів з передачі технологій РКЗК ООН (EGTT). PFAN розміщується спільно ЮНІДО та REEEP. Діяльність в основному фінансується урядами країн, які включають Австралію, Швецію та США, міжнародними організаціями та приватним сектором.		Посилання	Процес подання заявки
ЄС	E5P — це мультидонорський фонд з бюджетом 408 мільйонів євро, який працює в Україні, Вірменії, Азербайджані, Грузії та Молдові. Він був започаткований під час головування Швеції в Європейському Союзі у 2009 році. Він спрямований на підтримку високоефективних інвестицій у сфері енергоефективності та охорони довкілля в країнах Східного партнерства.	Посилання	
Інвестиційна група ESFC		Посилання	Процес подання заявки
		Посилання	

Таблиця 7.(продовження)

Міжнародні і національні програми фінансування проектів відновлення (що не фінансують відбудову великих ГЕС, але фінансують зелені проекти різних типів)

Назва	Тип	На що поширюється	Хто має право на участь у програмі?
Спільне підприємство «Циркулярна Європа на біологічній основі	Грантові кошти	- Підтримка досліджень та інновацій для стійких біологічних рішень. - Зменшення ризиків інвестицій в інноваційні, циклічні біологічні виробничі потужності. - Вирішення технологічних, регуляторних та ринкових проблем біоекономіки.	Усі зацікавлені сторони екосистеми біоіндустрії — фермери, споживчі бренди, компанії, дослідницькі організації та місцеві органи влади — запрошуються до участі у конкурсі на отримання фінансування від CBE JU. Конкурс проектних пропозицій CBE JU відкритий для будь-якої юридичної особи, будь то приватна чи державна, прибуткова чи неприбуткова організація: - Великі компанії. - Малі та середні підприємства (МСП). - Науково-дослідні та технологічні організації (НТО). - Університети. - Асоціації.
Програми IFC	Грантові кошти/ Кредитні кошти	- Кліматично-розумне сільське господарство. - Відновлювальне сільське господарство. - Альтернативні виробничі практики. - Впровадження інновацій та технологій. - Стале виробництво аквакультури. - Збереження або відновлення для створення кредитів біорізноманіття для задоволення вимог щодо пом'якшення наслідків зміни клімату. - Природні рішення для сонячних електростанцій.	Проекти в країнах, що розвиваються: - у приватному секторі; - технічно обґрунтовані; - з хорошими перспективами бути прибутковими; приносять користь місцевій економіці; - екологічно та соціально безпечними, такими, що відповідають екологічним та соціальним стандартам МФК, а також стандартам приймаючої країни. МФК не кредитує безпосередньо мікро-, малі та середні підприємства або фізичних осіб-підприємців, але багато хто з її інвестиційних клієнтів є фінансовими посередниками, які надають кредити меншим підприємствам.
Глобальний екологічний фонд	Грантові кошти	Пріоритети ГЕФ: Для досягнення цілей багатосторонніх природоохоронних угод необхідно, щоб ГЕФ підтримував пріоритети країн, які в кінцевому підсумку спрямовані на комплексне подолання чинників деградації довкілля. З цієї причини ключові напрямки (біорізноманіття, зміна клімату, деградація земель, міжнародні води, а також хімічні речовини та відходи) залишаються центральною організаційною ланкою в Програмі ГЕФ-8.	Країна, що має право на отримання фінансування: Країни можуть мати право на отримання фінансування ГЕФ одним із двох способів: а) якщо країна ратифікувала конвенції, які обслуговує ГЕФ, і відповідає критеріям прийнятності, визначеним Конференцією Сторін кожної конвенції; або б) якщо країна має право на отримання фінансування Світового банку (МБРР та/або МАР) або якщо вона має право на отримання технічної допомоги ПРООН через цільовий розподіл ресурсів з основного (зокрема, ПРОФ-1 та/або ПРОФ-Національного) пріоритету: Проект має бути ініційований країною та відповідати національним пріоритетам, які підтримують сталий розвиток. Фінансування: Проект повинен шукати фінансування ГЕФ лише для покриття погоджених додаткових витрат на заходи, спрямовані на досягнення глобальних екологічних переваг. Участь: Проект повинен залучати громадськість до розробки та реалізації проекту згідно з Політикою залучення зацікавлених сторін та відповідними керівними принципами.

Донор	Коментарі	Посилання на сайт	Посилання для подання пропозицій
Horizon Європа	СВЕ JU — це партнерство з бюджетом у 2 мільярди євро між Європейським Союзом та Консорціумом біологічних галузей промисловості (BIC), яке фінансує проекти, що сприяють розвитку конкурентоспроможних циклічних біологічних виробництв у Європі.	Посилання	
	Посібник з фінансування біорізноманіття від МФК	Посилання	Процес подання заявки
Світовий банк	Інструкції для малих грантових проектів	Посилання	

Таблиця 7.(продовження)

Міжнародні і національні програми фінансування проектів відновлення (що не фінансують відбудову великих ГЕС, але фінансують зелені проекти різних типів)

Назва	Тип	На що поширюється	Хто має право на участь у програмі?
ЄБРР	Кредити/ гарантії	• Агробізнес. • Енергоефективність. • Природні ресурси. • Сила та енергетика. • Малі та середні підприємства.	Щоб отримати право на фінансування від ЄБРР, проєкт повинен: • бути розташованими в одній з країн операцій ЄБРР; • мати значні комерційні перспективи; • передбачають значні внески в акціонерний капітал у грошовій або натуральній формі від спонсора проєкту; • приносити користь місцевій економіці та сприяти розвитку приватного сектору; • відповідати банківським та екологічним стандартам.
Ініціатива зі сталого розвитку сільського господарства (AGRI)	Грантові кошти	Заходи, які покращать управління в аграрному секторі.	Підприємства, громади.
BIOFIN	Грантові кошти	Діяльність, пов'язана з біорізноманіттям.	Уряди, громадянське суспільство, вразливі громади, приватний сектор.



Донор	Коментарі	Посилання на сайт	Посилання для подання пропозицій
	ЄБРР вже надав кредит ТОВ «Лан-Ойл» на будівництво першого приватного проекту з виробництва біопалива з нуля	Посилання	Посібник
USAID		Посилання	Сторінка у Facebook з оновленими грантами
UNDP	Методологія	Посилання	

За вказаними джерелами фінансування і МФО було профінансовано схожі за сутністю проекти ВДЕ і біоенергетики, що включали відновлення малопродуктивних земель, вирощування енергосирих, проектів виробництва біогазу і біометану (переважно малого і середнього масштабу, до 1 МВтел), відновлення невеликих громад з доступом до ВДЕ, тощо. Впровадження великих ГЕС при цьому не фінансується принципово⁶⁴.

Крім зазначених цільових програм фінансування під зелені проекти і проекти сталого відновлення інфраструктури (без додаткового негативного впливу на екосистеми регіонів), треба мати на увазі, що вже створено Big Recovery Portal, задача якого пряме фінансування проектів відновлення, що відповідають критеріям сталості⁶⁵. ЄС запровадить незалежний контроль витрат на відбудову України, а сама онлайн-платформа Big Recovery Portal буде вести моніторинг витрат і реалізації проектів незалежно від складу, дій і рішень уряду.

Представництво Євросоюзу в Україні⁶⁶ може бути ще одним потенційним донором (ко-інвестором) і моніторинговим центром, що сприятиме всебічному аналізу переваг і недоліків концепцій відновлення. Так, вже розпочато роботу над новим проектом для моніторингу витрат на проекти відновлення (із залученням Центру економічної стратегії, Інституту економічних досліджень та політичних консультацій та ГО «Технології Прогресу»), що попередньо проаналізують питання в тому числі різні опції щодо відновлення або невідновлення КаГЕС.

Звісно, подальші кроки щодо обраного сценарію або пулу сценаріїв мають включати детальні ТЕО міжнародного формату (наприклад, ЄБРР, IFC), де буде всебічно представлені розрахунки економічної ефективності, залучені сторони, конкретне обладнання, розраховано мультиплікаційні ефекти для економіки. Таке ТЕО може включати також детальне кількісне порівняння декількох опцій, як це попередньо зроблено а даному аналітичному документі.

64. Case study: BioVill-bioenergy villages (cross-border cooperation) in Serbia, Croatia, Macedonia, Romania, Slovenia funded by Horizon 2020

Case study: BioEnergy Farm II. The aim is to develop the biogas micro-installation market. These activities can increase the amount of renewable energy produced on farms by 60 MW. European Union, Intelligent Energy for Europe

65. <https://brp.org.ua/en>

66. https://www.eeas.europa.eu/eeas/%D0%BF%D1%80%D0%BE%D1%94%D0%BA%D1%82%D0%B8_uk?s=232

Висновки



1. Аналіз виявив, що найкращий сценарій за сукупністю показників є комбінований сценарій відновлення, який включає використання всіх варіантів для доповнення один одного. Гідротехнічна частина цього сценарію включає спорудження технічних гідроспоруд, що використовуватимуться виключно у цілях забезпечення водопостачання, судноплавства, регулювання водопілля, роботи каскаду ГЕС вище по Дніпру, попередження засолення води, рибного господарства регіону і вирішення супутніх проблем, а енергетична частина — в основному іншими технологіями (енергокультури, СЕС/ВЕС, малі ГЕС на технічних гідроспорудах) із мінімальним використанням площі водосховища і максимальним відпуском енергії. У цьому сценарії до 86% площі водосховища залишається на природне відновлення екосистеми.
2. За обраними критеріями формально найкращим індивідуальним сценарієм відновлення є використання окремих ділянок-кластерів (до 10-20% площі дна Каховського водосховища) для вирощування енергетичних культур. Цей варіант є найбільш збалансованим з точки зору максимуму користі для громад, мінімуму шкоди для довкілля, задоволення суспільних потреб на рівні до підриву КаГЕС. Він поєднує в собі з одного боку можливість інтеграції в локальну екосистему і внесок у її стале відновлення і забезпечення стійкості (відновлення ґрунту, поглинання важких металів, шламів, інших неорганічних осадів, їх концентрацію у золі після спалювання). З іншого боку – забезпечує генерацію кількості біомаси як відновлюваного джерела енергії для виробництва еквівалентної (або більшої) КаГЕС кількості енергії. Друге місце серед індивідуальних сценаріїв займає група з трьох варіантів — відбудова КаГЕС, природне відновлення Великого Лугу, будівництво комбінації СЕС/ВЕС на 10-20% території водосховища. За сукупністю показників, найкращий варіант з трьох перелічених є природне відновлення Великого лугу.
3. Співвідношення енергії, що можна отримати з енергокультур, вирощених на 20% площі дна водосховища і кількості енергії від відновленої КаГЕС знаходиться в діапазоні 1.6-3.6 в залежності від типу енергокультур, кліматичних умов, умов зволоження, типів ґрунтів (20-річний ротаційний цикл) і 1.9-10.9 (перерахунок на 1 рік). Інвестиції у проект створення такого масштабу плантації складають 250-300 млн. Євро, з урахуванням всього ланцюжка від плантації до відпуску енергії (або продуктів з біомаси) — 3.5-4.0 млрд. Євро, що співмірно із інвестиціями у відновлення КаГЕС (3-5 млрд. Євро). Скорочення викидів CO₂ від сценарію енергокультур для всього ланцюжка складає 1.6 млн. т CO₂-екв./рік (в середньому для 25 річного циклу ротації), а для КаГЕС — 0.6 млн. т CO₂/рік.
4. У порівнянні із природним відновленням, за попередніми оцінками на основі практичних даних для існуючих плантацій енергокультур в Україні (за останні 10 років) і закордоном (за останні 30 років) використання енергокультур на маргінальних / забруднених / покинутих / деградованих землях, до яких можна віднести окремі ділянки дна водосховища, має або нейтральний або незначний позитивний вплив (з точки зору інтеграції господарської діяльності у локальну екосистему, відновлення і рекультивації забрудненого ґрунту, управління і моніторингу стану цих ділянок). При цьому 85-90% площі водосховища залишається для природного відновлення, немає необхідності затоплення 215 000 га природоохоронної території (на якій вже природним шляхом розвивається нова екосистема), що призведе до незворотних негативних наслідків для довкілля регіону і несе за собою високі репутаційні ризики для України в цілому.
5. Варіант впровадження енергокультур є універсальним як з точки зору перетворення та виробництва різних видів енергії, так і з точки зору можливості частково прив'язуватись до території водосховища. Його реалізація може бути також здійснена в тому самому регіоні для рекультивації деградованих земель (закинутих кар'єрів, відвалів ГЗК, полігонів ТПВ, територій, що постраждали від військових дій, тощо) в комбінації з іншими варіантами і бути складовою частиною енергетичного кластеру з комбінованого виробництва різних відновлюваних продуктів (теплової і електричної енергії, відновлюваних газів, органічних добрив (дігестату), відновлюваного CO₂, тощо) чому сприяють наявні значні ресурси агробіомаси в регіоні, розвинена інфраструктура передачі електроенергії і транспортування природного газу, наявність великих промислових споживачів енергії великомасштабних вже впроваджених проектів ВДЕ (СЕС/ВЕС). Цей сценарій таким чином не протиставляється іншим, а скоріше може бути базовим для відновлення в комбінації з іншими або доповнювати інші альтернативи..

**Deutsche Gesellschaft für
Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH**

Registered offices:

Address
Postcode and town, country
+49 61 96 79-0
+49 61 96 79-11 15
info@giz.de
www.giz.de/en

Legal address:

01004, Kyiv,
16B Antonovycha str.,
+38 044 594 07 60
+38 044 594 07 64

www.giz.de/ukraine-ua