

УКРАЇНЬКА ГІДРОЕНЕРГЕТИКА З ПОЗИЦІЙ ФУНКЦІЇ СУСПІЛЬНОГО ДОБРОБУТУ

© 2017 СКРИПНИК А. В., ГОЛЯЧУК О. С.

УДК 519:330.131.7-047.44:502.51

Скрипник А. В., Голячук О. С.

Українська гідроенергетика з позицій функції суспільного добробуту

В епоху доядерної енергетики внесок гідроенергетики в енергетичний баланс колишнього СРСР вважався незаперечним. При цьому негативні супутні ефекти при створенні водосховищ на рівнинній місцевості (затоплення значних площ, знищення населених пунктів, порушення історичних пам'яток, знищення рибних ресурсів, зростання ризиків техногенних катастроф) до уваги не бралися. З часом, у міру амортизації, як основного обладнання (турбін, електрогенераторів), так і супутньої інфраструктури (шлюзів та їх обладнання), виробіток гідроелектроенергії зменшується як у абсолютному, так і відносному виразі, а греблі водосховищ стають нездоланим бар'єром на шляху річного судноплавства. Розглянуто основні проблеми гідроенергетики з позицій економічних, екологічних і техногенних ризиків. Для порівняння наведено прогнозні обсяги виробництва електроенергії шляхом використання відновлюваних джерел і гідроенергетики. Оцінено втрати від використання каскаду Дніпровських водосховищ.

Ключові слова: гідроенергетика, функція суспільного добробуту, відновлювана енергетика, техногенне цунамі, ризики, моделювання.

Рис.: 2. **Табл.:** 4. **Формул.:** 2. **Бібл.:** 23.

Скрипник Андрій Васильович – доктор економічних наук, професор, завідувач кафедри економічної кібернетики, Національний університет біоресурсів і природокористування України (вул. Героїв Оборони, 15, Київ, 03041, Україна)

E-mail: avskripnik@ukr.net

Голячук Ольга Сергіївна – аспірант кафедри економічної кібернетики, Національний університет біоресурсів і природокористування України (вул. Героїв Оборони, 15, Київ, 03041, Україна)

E-mail: olha.holiachuk@gmail.com

УДК 519:330.131.7-047.44:502.51

Скрипник А. В., Голячук О. С. Украинская гидроэнергетика с позиций функции общественного благосостояния

В эпоху доядерной энергетики вклад гидроэнергетики в энергетический баланс бывшего СССР считался неоспоримым. При этом негативные сопутствующие эффекты при создании водохранилищ на равнинной местности (затопление значительных площадей, уничтожение населенных пунктов, нарушение исторических памятников, уничтожение рыбных ресурсов, рост рисков техногенных катастроф) во внимание не принимались. Со временем, по мере амортизации как основного оборудования (турбин, электрогенераторов) так и сопутствующей инфраструктуры (шлюзов и их оборудования), выработка гидроэлектрэнергии уменьшается как в абсолютном, так и относительном выражении, а плотины водохранилищ становятся непреодолимым барьером на пути речного судоходства. Рассмотрены основные проблемы гидроэнергетики с позиций экономических, экологических и техногенных рисков. Для сравнения представлены прогнозные объемы производства электроэнергии путем использования возобновляемых источников и гидроэнергетики. Оценены потери от использования каскада Днепровских водохранилищ.

Ключевые слова: гидроэнергетика, функция общественного благосостояния, возобновляемая энергетика, техногенное цунами, риски, моделирование.

Рис.: 2. **Табл.:** 4. **Формул.:** 2. **Библ.:** 23.

Скрипник Андрей Васильевич – доктор экономических наук, профессор, заведующий кафедрой экономической кибернетики, Национальный университет биоресурсов и природопользования Украины (ул. Героев Оборони, 15, Киев, 03041, Украина)

E-mail: avskripnik@ukr.net

Голячук Ольга Сергеевна – аспирант кафедры экономической кибернетики, Национальный университет биоресурсов и природопользования Украины (ул. Героев Оборони, 15, Киев, 03041, Украина)

E-mail: olha.holiachuk@gmail.com

UDC 519:330.131.7-047.44:502.51

Skrypnyk A. V., Holiachuk O. S. The Ukrainian Hydropower Industry from the Standpoint of the Social Welfare Function

In the pre-nuclear era the contribution of the hydropower industry to the energy balance of the former USSR was considered undeniable. At the same time, accompanying negative effects (flooding of large areas, destruction of populated areas, violation of historical monuments, destruction of fish resources, growth of risks of man-made disasters) were not taken into account when creating reservoirs on flat terrain. Over time, as the main equipment (turbines, power generators) and the associated infrastructure (locks and their equipment) depreciates, the generation of hydroelectric power decreases both in absolute and relative terms, and the reservoir dams become an insurmountable barrier to river navigation. The main problems of hydropower engineering in terms of economic, ecological and technogenic risks are considered. For comparison, the forecast volumes of electric power production using renewable sources and hydropower are presented. The losses from the operation of the cascade of the Dnieper reservoirs are estimated.

Keywords: hydropower, public welfare function, renewable energetics, technogenic tsunami, risks, modeling.

Fig.: 2. **Tbl.:** 4. **Formulae:** 2. **Bibl.:** 23.

Skrypnyk Andrii V. – Doctor of Sciences (Economics), Professor, Head of the Department of Economic Cybernetics, National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine (15 Heroiv Oborony Str., Kyiv, 03041, Ukraine)

E-mail: avskripnik@ukr.net

Holiachuk Olha S. – Postgraduate Student of the Department of Economic Cybernetics, National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine (15 Heroiv Oborony Str., Kyiv, 03041, Ukraine)

E-mail: olha.holiachuk@gmail.com

Вступ. Як відомо, основу енергетичного сектора економіки України складає атомна, теплова та гідроенергетика. Тривалий досвід їх експлуатації показав суттєвий негативний вплив на стан зовнішнього середовища: кожної з трьох складових енергетичного сектора. До того ж цей вплив має суттєво інший характер для кожної з енергетичних галузей. Так, теплоенергетика характеризується стабільним забрудненням усіх складових зовнішнього середовища: повітря, ґрунтів і водойм. Експлуатацію атомної енергетики спряжено як із ризиками глобальних катастроф (Чорнобиль, Фукусіма), так і з локальними ризиками радіоактивних забруднень, що викликані виникненням аварійних ситуацій. Що стосується гідроенергетики, то на перший погляд вона відноситься до відновлюваної енергетики, тому не є суттєвим фактором погіршення стану зовнішнього середовища. Однак це значною мірою залежить від району розташування, тому побудова сучасних ГЕС відбувається в гористій місцевості [21], що мінімізує ризик нераціонального використання площ, що піддаються затопленню.

В епоху доядерної енергетики внесок гідроенергетики в енергетичний баланс колишнього СРСР вважався незаперечним. При цьому негативні супутні ефекти при створенні водосховищ на рівнинній місцевості (затоплення значних площ, знищення населених пунктів, порушення історичних пам'яток, знищення рибних ресурсів, зростання ризиків техногенних катастроф) до уваги не бралися [2]. З часом, у міру амортизації, як основного обладнання (турбін, електрогенераторів), так і супутньої інфраструктури (шлязів та їх обладнання), виробіток гідроелектроенергії зменшується як у абсолютному, так і відносному виразі, а греблі водосховищ стають нездоланим бар'єром на шляху річного судноплавства [3].

Виникає абсолютно зрозуміле питання: за рахунок чого може бути компенсовано 5–6 % електроенергії, що виробляється на Дніпровських ГЕС? Відповідь на це питання частково дає стратегія розвитку енергетичного сектора економіки України до 2035 року. Вона побудована на логічному припущенні, що розвиток енергетичного сектора повинен розглядатися з позицій перспектив національної економіки. На перший погляд з цих позицій прогноуються перспективи окремих енергетичних галузей у стратегії енергетичного розвитку України [5]. Якщо представити цю стратегію у спрощеному вигляді, то двократне збільшення ВВП до 2035 року планується забезпечити за рахунок двократного покращення енергоефективності української економіки та суттєвого зростання атомної (на 50 %) та відновлюваної (на 740 %) енергетики. Планується суттєве (на 66,7 %) зростання споживання нафтопродуктів і скорочення споживання природного газу (на 13,4 %) та вугілля (на 18,4 %): першого – внаслідок очікуваних високих цін, останнього – мотивації політичного та екологічного характеру. Що стосується відновлюваної енергетики, то у супереч світовим тенденціям вважається, що основне її зростання відбудеться за рахунок не вітрової або сонячної енергії, а за рахунок біоенергетики. У будь-якому випадку внесок відновлюваної енергетики як джерела первинної енергії вже перевищує внесок гідроенергетики [12] та продовжує зростати, тому виникає питання оцінки ефективності діяльності гідроелектростанцій з позицій функції суспільного добробуту.

Огляд літературних джерел та останніх досліджень. Класики економічної теорії пропонували враховувати негативний вплив на стан зовнішнього середовища в економічній діяльності [11]. Механізмом, через який здійснюється цінове регулювання екологічно небезпечної продукції (мається на увазі, що в процесі виробництва завдають шкоди зовнішньому середовищу), є екологічне оподаткування [22]. Таким чином, продукція, що пов'язана з погіршенням стану зовнішнього середовища, стає менш конкурентоспроможною порівняно з підприємствами, що використовують екологічно безпечні технології. Оцінки показників економічного зростання мають бути скореговані на ціну погіршення стану зовнішнього середовища [1; 2]. Головне положення такого підходу: ціна виробленої продукції (в цьому випадку – електроенергії) не відповідає соціальної ціні, яку сплачує суспільство за порушення стану навколишнього середовища [13; 15]. Однак рівень екологічного оподаткування в Україні не дозволяє стверджувати, що він у змозі вплинути на стан конкурентоспроможності екологічно небезпечного підприємства [1]. Крім того, гідроенергетика вважається екологічно чистою галуззю енергетики. Що стосується Дніпровських водосховищ, то в ряді робіт підкреслено негативні ефекти від їх створення: крім затоплення значних площ, це зміна гідрологічного, гідрохімічного та гідробіологічного режимів, уповільнення водообміну [3; 6; 7].

Оскільки Дніпро є не лише українською річкою, проблемою підтримання екологічно сталого стану мають займатись ще Білорусь і Росія. Наприклад, для вирішення проблем транскордонних водотоків можна запозичити досвід співпраці урядів Німеччини, Франції, Люксембургу, Швейцарії і Нідерландів щодо річки Рейн, екологічний стан якої ще в 90-х роках минулого сторіччя був загрозливий [21].

Міжнародна комісія із захисту Рейну була створена в 1950 р. з метою повернення лососевих риб у ріку як найбільш чутливих гідробіонтів до екологічного стану річкового стоку. Співпраця налагоджувалась досить повільно. Після багаторічних перемовин у 1976 р. приймається Конвенція із захисту Рейну від забруднення хлоридами, та призначається відповідна міжнародна комісія для реалізації положень Конвенції. Після Шандозької аварії (1 листопада 1986 р.), унаслідок якої в Рейн надійшло більше 10 тонн пестицидів і нижче за течією загинуло практично все живе, міністри рейнських країн одноголосно прийняли «Рейнську програму дій на 1987–2000 роки». У 2003 р. прийнято Програму сталого розвитку Рейну до 2020 року. Поставлену мету було досягнуто – лосось повернувся у Рейн. Тривалий час не було порозуміння між рейнськими державами щодо проблем використання охолоджуючої здатності ріки, але загроза глобального потепління змусила вести більш конструктивну розмову щодо цієї проблеми. Екстремальні підйоми води на Рейні у 1993, 1995 роках спонукали уряди рейнських держав до підготовки та прийняття програми «Річці потрібне місце», яка передбачає не лише укріплення захисних гідротехнічних споруд, але й їх перенесення на більшу відстань від русла річки, підвищення затримання води шляхом реактивації територій, усунення гідравлічних перепон, формування карт ризиків затоплення тощо [8; 21].

Під час проведення Міжнародної науково-практичної конференції «Концепція захисту критичної інфраструктури: стан, проблеми та перспективи її впровадження в Україні» у 2012 році, організованої Національним інститутом стратегічних досліджень спільно з офісом зв'язку НАТО в Україні та ПАТ «Укргідроенерго» України, науковцями й експертами було надано інформацію про те, що у водохоронній зоні Київського водосховища в межах зони протипаводкового захисту забудовуються ділянки, непередбачені проектом гідротехнічного будівництва, внаслідок чого збільшується гідравлічний опір, і виникає ризик затоплення прилеглих територій [20].

Що стосується ризиків техногенних катастроф, то розташування значних запасів водних мас вище рівня деякої частки території мегаполісів створює небезпеку штучного цунамі, небезпечного для мешканців мегаполіса [9; 10]. В роки Другої світової війни такий сценарій вже був реалізованим на частині Дніпра нижче Дніпровської греблі (Запоріжжя), яку спробували знищити відступаючі підрозділи радянської армії. Спроба супроводжувалася жертвами штучної повені, мешканців Запоріжжя та прибережних сіл, радянських військових (всього приблизно 100 000), яких забули попередити [6]. Більшість наведених досліджень розглядає окремі негативні сторони подальшої експлуатації водосховищ каскаду Дніпровських ГЕС, загальні суспільні втрати з урахуванням випадкової компоненти (можливість генерації штучного цунамі) частково наведено у роботі. Практично не існує прогнозів розвитку відновлюваної енергетики, що не завдає значної шкоди стану зовнішнього середовища та в змозі згенерувати потрібні обсяги електроенергії. Що стосується кількісних оцінок наслідків, як подальшого використання каскаду водосховищ, так і можливого їх демонтажу, то вони повинні розглядатись з позицій функції суспільного добробуту. Економіка добробуту концентрується на оптимальному використанні ресурсів для досягнення підвищення добробуту суспільства. Як цільова функція будь-якого перетворення може використовуватись грошова оцінка доходів і витрат [15]. Що стосується факторів, які важко оцінити у грошовому виразі, наприклад, якість річної води або повітря, то розглядається компенсаційний критерій Хірса [14], який пропонує можливість використання грошової оцінки можливості змін, що підтримує суспільство: «wanted to pay» (WTP) – бажання платити. Введення WTP, що пов'язано з компенсаційним критерієм, є ключовою концепцією в основі прикладної економіки добробуту та буде використано в цій роботі.

Мета дослідження. На підставі аналізу багатокомпонентного ефекту експлуатації каскаду Дніпровських водосховищ (на підставі оцінок функції суспільного добробуту) надати можливі варіанти подальшої трансформації каскаду Дніпровських водосховищ.

Виклад основного матеріалу. Як уже згадувалось, виробництво електроенергії на гідроелектростанціях перестало бути вирішальним фактором енергетичного балансу країни. Що стосується ефективності використання енергетичного потенціалу країни, то вона залишається надзвичайно низькою. Цікаво, що зростання обсягів ВВП, яке спостерігалось на часовому інтервалі 2000–2007 років, не пов'язано зі зростанням обсягів виробництва електроенергії. Звичайно, в ці

роки суттєво зросли обсяги виробництва галузі рослинництва аграрного сектора української економіки, для якого використання електроенергії зведено до мінімуму.

Важко оцінити загальні суспільні витрати від затоплених площ і загальні переваги від наявності значних резервуарів прісної води. Крім того, важко оцінити втрати від погіршення якості цієї води, яка перетворюється з річної на воду озерну та погіршується внаслідок відсутності течії. Існує ще безліч інших аспектів, які, як правило, не на користь водосховищ. Однак ми зупинимось на головних, що мають суттєвий вплив на ефективність діючої національної економічної моделі. Потрібно підкреслити, що ця модель все більше набуває переважно аграрних рис, тому логічно розглядати питання подальшої експлуатації каскаду Дніпровських ГЕС, як з позицій енергетичного балансу, так і з позицій розвитку аграрного сектора. З енергетичних позицій потрібно внести корективи у споживання та генерацію, що виникли внаслідок втрати частки території (анексія Криму та окупація частини Донецької та Луганської областей). Потрібно врахувати наявний і потенційний внесок в енергетичний баланс країни відновлюваної енергетики. Після в'яснення цих питань потрібно перейти до втрат і ризиків подальшого використання каскаду Дніпровських ГЕС як з позицій розвитку національної економіки, так і з позицій розвитку її окремих секторів.

Зупинимось на існуючому енергетичному балансі (рис. 1). У генерації електроенергії останні роки прослідковуються дві тенденції зменшення генерації гідроенергетики та зростання за рахунок відновлюваних джерел.

На наш погляд, зменшення обсягів гідроенергетики не випадковий фактор, а, скоріше, фактор, що пояснюється зносом обладнання електростанцій, що працюють вже тривалий проміжок часу. Тому без належного оновлення обладнання електростанцій та супутньої інфраструктури (шлюзів, гребель водосховищ), виробіток гідроелектроенергії буде зменшуватись. В той же час продовжують зростати ризики техногенних катастроф від подальшої експлуатації каскаду Дніпровських ГЕС. Водночас зростає ефективність відновлюваної енергетики. До переваг відновлюваної енергетики, перш за все, слід віднести незначний негативний вплив на стан зовнішнього середовища: наприклад, в Україні існують значні території малопродуктивних і необроблюваних земель для генерації електроенергії за рахунок радіації сонця. Що стосується використання енергії вітру, то внаслідок незначних площ, що виводяться з аграрного використання, спостерігаються негативні екстернальні ефекти, що пов'язані з можливістю встановлення перепон на шляхах сезонних міграцій птахів. Тому цей фактор повинен враховуватись при виборі місць розташування вітрогенераторних установок [21].

Останні роки в Україні спостерігаються значні темпи зростання генерації за рахунок відновлюваних джерел. Наведемо тенденції, що спостерігались у гідро- та відновлюваній енергетиці у вигляді експоненціальних трендів (табл. 1):

$$w(t) = A \exp(\alpha(t - t_0)).$$

На базисному інтервалі спостережень (2002–2015 роки) виявилась тенденція до зменшення генерації електроенергії за рахунок ГЕС з відносною швидкістю $\alpha = 0,8 \%$ на рік та зростання за рахунок відновлюваної

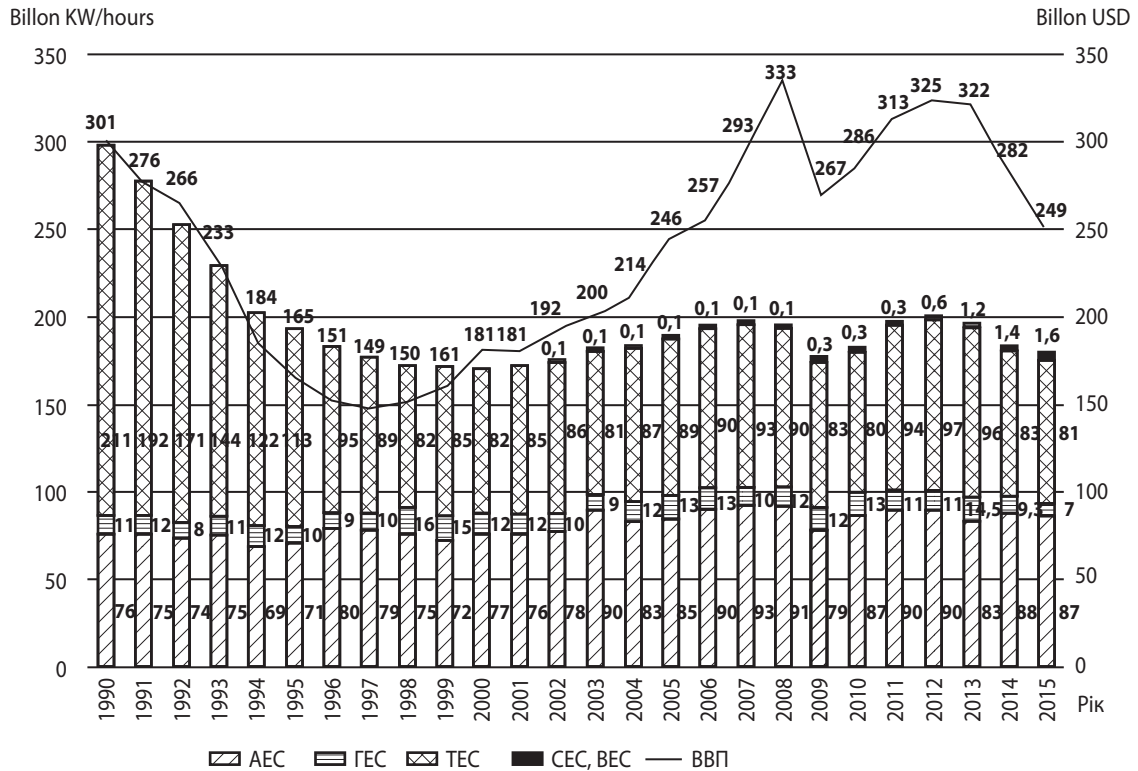


Рис. 1. Генерація електроенергії та динаміка ВВП [4]

Таблиця 1

Параметри експоненціальних трендів гідро- та відновлюваної енергетики

	A (початкове значення)	α (темпи зростання)	t_0 (початок досліджень)	R^2 (коефіцієнт детермінації)	F (критерій Фішера)	δ (стандартна похибка)
Гідро-	11,738	-0,008	2002	0,44	12,18	0,502
Відновлювана	0,0377	0,2338	2002	0,56	13,34	0,018

Джерело: сформовано авторами

енергетики $\alpha_2 = 23,4\%$ на рік. Обидва коефіцієнти значущі (рівень значущості менше 5%), тобто нульову гіпотезу про відсутність стабільних тенденцій можна відхилити.

Якщо вважати, що ці тенденції зберуться у подальшому (на користь цієї гіпотези свідчить розвиток світової енергетики), то прогнозний проміжок часу можливості зміни гідроенергетики на відновлювану – 2024–2027 роки (рис. 2). Роль держави в цьому складному процесі полягає в ефективному використанні методів державного регулювання, до яких, в першу чергу, відносяться тарифи на електроенергію для промисловості та населення і зелений тариф, по якому залишки енергії здаються в мережі (табл. 2). Зростання і перших, і других тарифів веде як до зростання енергоефективності, так і до генерації відновлюваної енергії (як на побутовому рівні, так і на рівні підприємств). Що стосується тарифів для населення, то, скоріше, вони вже досягли критичної межі, враховуючи, що на цей час Україна є найбільшю країною Європи за рівнем як номінального, так і паритетного ВВП на душу населення (гірша ситуація тільки в Молдові).

Величине зеленого тарифу також не може бути збільшено, тому що бюджет є дефіцитним вже декілька років

і підвищення зеленого тарифу приведе до підвищення тарифів для населення. Тому залишається сподіватись, що наявна тарифна ситуація буде сприяти зростанню інвестицій у відновлювану енергетику, а потенціал для її зростання достатньо великий. В першу чергу, відповідно до стратегії повинна розвиватись біоенергетика, що буде забезпечуватись умовним паливом за рахунок відходів аграрного виробництва та неконтрольованими та малоцінними рослинами. Крім того, у країні починають зростати обсяги генерації за рахунок сонячної та вітрової енергетики, які значною мірою доповнюють одна одну з точки зору сезонної та денної нерівномірності генерації.

Звернемося до питання оцінки ефективності діючого каскаду Дніпровських ГЕС з позицій функції суспільного добробуту. Раніше було проведено оцінку альтернативної ефективності затоплених площ водосховищ порівняно з їх використанням в аграрному бізнесі. Було показано, що для Дніпровської ГЕС альтернативна вартість аграрної продукції з затоплених площ не перевищує вартості генерованої електроенергії [5]. Інша ситуація спостерігається в гористій місцевості, де, наприклад, альтернативне аграрне використання площ неможливе. Зупинимося ще на одному

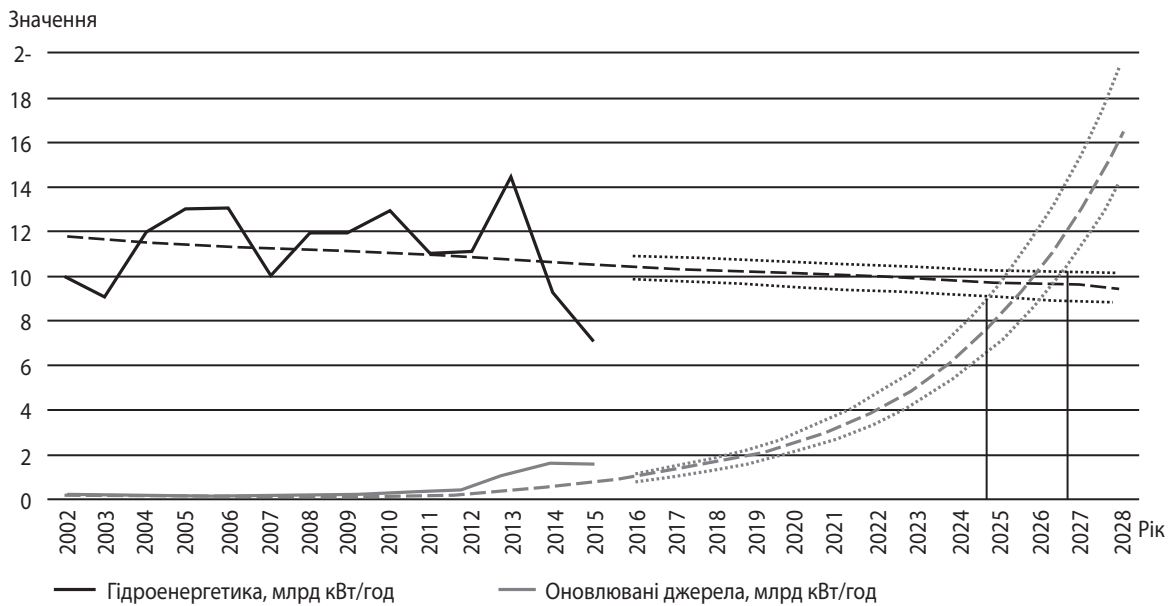


Рис. 2. Прогнозні обсяги енергопостачання за рахунок відновлюваної енергетики та гідроенергетики

Таблиця 2

Тарифи на споживання електроенергії та зелений тариф (євроцентів / кВт*год)

	Населення	Промисловість	Зелений тариф		
			Сонячна енергія	Вітрова енергія	Енергія біомас
ЕС(28)	21	12	10	16	12
Данія	30	9			
Німеччина	29	15			
Болгарія	7	8			
Україна	5	7	17	11	12

Джерело: [23]

переконали порівнянню ефективності генерації електроенергії. У табл. 3 наведено обсяги річної генерації електроенергії, які приходяться на одиницю затоплених площ (квадратний кілометр). Якщо порівняти показники ефективності лідерів світової гідроенергетики і трьох останніх за ефективністю дніпровських ГЕС, то вони практично відрізняються в 1000 разів.

Крім втрат від нерационального використання затоплених площ аграрний сектор несе й інші втрати від продовження експлуатації каскаду Дніпровських ГЕС [17]. Враховуючи експортну спрямованість аграрного сектора, яка здійснюється, головним чином, із чорноморських портів, постає питання транспортування продукції від місць виробництва та збереження до чорноморських портів. В наявних умовах більшість вантажів перевозиться автомобільним транспортом. Враховуючи невеличку густину та якість українських доріг, навантаження, що створює транспортування за допомогою перевантажених фур десятків мільйонів тонн аграрної продукції, порушує їх структуру та суттєво підвищує рівень небезпеки. В той же час головна водна артерія України практично не виконує транспортних функцій через складність та високу вартість проходження шлюзів Дніпровських ГЕС [19].

Розглянемо питання транспортування вантажів територією України. Існують три головні види транспорту: залізничний, автомобільний та річковий. За роки незалежності відбувся суттєвий перерозподіл між цими трьома видами транспорту на користь автомобільного [16].

Якщо порівняти з Україною країни, що мають порівнянні площі та великі суднохідні ріки (Румунія та Німеччина), то частка вантажів що перевозиться річним транспортом, у цих країнах складає 13–27 %, тоді як для України – тільки 1 %. Наведемо такі оцінки ефективності транспортування на 1 км при витратах стандартного палива в 1 л: 127 т – річним транспортом, 50 т – автомобільним і 77 т – залізничним [16]. Крім того, наведемо оцінки вартості перевезення тони вантажу на відстань 100 км: річним – \$4,5; залізничним – \$7,8; автомобільним – \$11,2. Доставка потенційного аграрного експорту до чорноморських портів в основному здійснюється автомобільним транспортом, хоча стан автомобільних доріг не може задовольняти їх користувачів. Внаслідок цього надзвичайно великі переваги отримують виробники аграрної продукції, що розташовані на півдні України.

Враховуючи експортну спрямованість аграрного сектора та переважно морський шлях подальшої доставки продукції, до споживачів чорноморських портів доставка здій-

Таблиця 3

Ефективність найбільш потужних гідроелектростанцій світу порівняно з українськими ГЕС

Назва	Країна	Річка	Встановлена потужність ГВт	Середньорічний виробіток млрд кВт год	площа, км кв.	Ефективність, млн кВт*год/км кв.
Силоду (2014)	Китай	Янцзи	13,9	64,8	108	600
Гребля вождя Дзозефа (1979)	США	Колумбія	2,6	12,5	34	367,65
Три ущелини (2012)	Китай	Янцзи	22,5	98,1	632	155,22
Гранд-Кулі (1985)	США	Колумбія	6,8	20,0	324	61,73
Саяно-Шушинська (1989)	Росія	Єнісей	6,4	24,0	621	38,65
Дніпровське (1947)	Україна	Дніпро	1,6	4,0	410	9,78
Робер-Бурасса (1981)	Канада	Ла-Гранд	5,6	26,5	2 835	9,35
Водоспад Черчилля (1971)	Канада	Черчіль	5,4	35,0	6 988	5,01
Середньодніпровська (1964)	Україна	Дніпро	0,4	1,3	567	2,34
Канівське (1972)	Україна	Дніпро	0,4	1,0	581	1,67
Київське (1964)	Україна	Дніпро	0,4	0,7	922	0,74
Каховське (1955)	Україна	Дніпро	0,4	1,5	2155	0,69
Кременчуцьке (1959)	Україна	Дніпро	0,6	1,5	2252	0,67

Джерело: [3]

снюється залізничним або автомобільним транспортом. Це відбувається внаслідок непомірних (заборонних) тарифів, встановлених керівництвом ГЕС на проходження шлюзів гребель водосховищ. Зробимо оцінки щорічних суспільних втрат внаслідок невикористання Дніпра як транспортної артерії. Для оцінок втрат використаємо наближення центру тяжіння, що використовується у класичній фізиці. Розрахуємо центр тяжіння виробництва зернових по даних 2016 року. Частка виробництва в кожній з областей є аналогом ваги, в якості координати приймається координата обласного центру. Координати центру ваги виробництва зернових є зважені за вагою обласного виробництва координати обласних центрів. В результаті ми отримуємо таку оцінку координат центру виробництва зернових в Україні: широта $\varphi = 49^{\circ}12'$ пн.ш., довгота $\theta = 31^{\circ}36'$ сх. д., тобто центр виробництва зернових розташовано на відстані 40 км у південно-східному напрямку від Черкас. Вважаємо Одесу з координатами $\varphi = 46^{\circ}28'$; $\theta = 30^{\circ}44'$ кінцевим пунктом призначення, оцінимо відстань постачання у 311 км [18]. Отже, річний маршрут Дніпром на 50 % довше, ніж автомобільний, обсяг експорту за 2016–2017 роки – 40,4 млн. т. [20]. Відповідно до наведених вище оцінок стосовно вартості перевезення 1 тонни вантажу на 100 км [16], щорічні збитки можна оцінити:

$$DC = 40,5 \times 10^6 \times 3,11 \times (11,2 - 1,5 \times 4,5) \approx 550 \times 10^6 \text{ USD}$$

Звичайно, що ця оцінка не може бути точною. Якщо вважати, що обсяги експорту, тривалість маршруту та оцінка витрат на 1 км мають 10 % відносну похибку, то для добутку цих величин їх відносні похибки додаються, а відносна похибка втрат дорівнює 30 %, або 165 млн USD.

Тобто щорічні прямі втрати від відсутності судноплавства на Дніпрі за рахунок тільки транспортування аграрного експорту до чорноморських портів складають від 385 до 715 млн USD

При цьому слід враховувати, що напрям транспортування зернових практично співпадає з напрямом руху на південь рекреаційного призначення, що створює підвищену безпеку на цьому напрямі. Відомо, що значний внесок у незадовільний стан українських доріг вносять вантажні машини, що доставляють продукцію аграрного сектора у порти Чорного моря, а стан доріг впливає на колосальні втрати, що несе Україна щорічно від аварійності (за оцінками Всесвітнього банку та вітчизняного страхового бізнесу – від до 1 до 2 млрд USD [10]). Важко оцінити внесок окремих складових у надзвичайно високу за європейськими стандартами аварійність на українських дорогах (статистика фіксує високу швидкість руху, порушення правил дорожнього руху), однак незадовільний стан доріг (ширина, відсутність зустрічного руху, стан поверхні) на якій учасники руху роблять спробу рухатися відповідно до швидкості стандартів ЄС, не може не сприяти підвищенню рівня аварійності руху.

Оцінимо загальні річні суспільні втрати від продовження експлуатації каскаду Дніпровських водосховищ. Як це вже нами було підкреслено, суспільні втрати складаються із економічних, екологічних і техногенних (табл. 4) Економічні втрати вже частково оцінено на підставі альтернативного (аграрного) використання затоплених: вони складають на рівні математичного очікування 250 млн USD з 10 % похибкою внаслідок варіативності обсягів виробництва та цін.

Слід підкреслити, що з часом ефективність аграрного виробництва в Україні зростає. При цьому слід для об'єктивності підкреслити, що тарифи на електроенергію також будуть зростати приблизно на 400 % до стандартного рівня країн ЄС, тому різниця від аграрного й енергетичного використання затоплених площ буде не суттєвою. Звернемо увагу на стохастичну компоненту можливих втрат від техногенного цунамі. На рівні математичного сподівання

Втрати від подальшого використання каскаду дніпровських ГЕС, млн USD

Економічні		Техногенні		Екологічні	
Тип втрат	Обсяг і його похибка	Тип втрат	Обсяг і його похибка	Тип втрат	Обсяг і його похибка
Невикористання транспортного потенціалу Дніпро	$E(x_1) = 550;$ $\sigma_1 = 165$	Ймовірні втрати від штучного цунамі внаслідок порушення гребель водосховищ	$E(x_3) = 0,3;$ $\sigma_1 = 31$	Погіршення якості питної води	Впливає на водопостачання для 6,5 мільйонів населення
Альтернативне (аграрне) використання	$E(x_2) = 250;$ $\sigma_2 = 25$	Підтримка гребель і безпеки водосховищ	Відсутня інформація	Погіршення рекреаційного потенціалу прибережної зони	Зменшує можливості відпочинку поблизу від місця мешкання для 6,43 мільйонів населення. Додаткові витрати на транспортування до місця відпочинку – 5–10 млрд грн
				Кількісне та якісне зменшення рибних ресурсів	Негативно впливає на залежність від імпорту рибної продукції

Джерело: сформовано авторами

величина цих втрат невелика (0,3 млн USD) через незначну ймовірності порушення греблі. Однак якщо врахувати кількість гребель, то ймовірність і відповідні втрати зростають у рази. У випадку природних і техногенних катастроф безпечніше робити оцінки не математичного очікування, а втрат на заданому рівні значущості. Так, на 10 % (ймовірність, що цей щорічний рівень буде перевищено не більше, ніж на 10 %) рівень втрат від штучного цунамі досягає 306 млн USD.

На перший погляд це уявна величина, якщо порушення греблі не відбувається, однак це не зовсім так: по перше, якщо порушення греблі відбувається для м. Києва, то величина збитків досягає 3 млрд USD; по друге, підтримка й охорона стану гребель в умовах збройної агресії з боку РФ вимагає значних витрат, які важко врахувати.

Що стосується екологічних втрат, то це, в першу чергу, втрати на додаткові зусилля на очистку води для проживання мешканців прибережних регіонів і втрати рекреаційного потенціалу дніпровського узбережжя внаслідок цвітіння значної частини Дніпра під час купального сезону. Монетизувати ці втрати можна за допомогою пропозиції Хігса стосовно можливості грошової оцінки екологічних втрат на підставі оцінки величини витрат, що погоджується понести населення для подолання цього явища. Зупинимося на ресурсах, що потрібні для демонтажу каскаду. Звичайно, дефіцитний український бюджет не в змозі профінансувати такий величезний проект. Тільки з появою ринку землі сільськогосподарського призначення країна матиме шанс отримати необхідні кошти для реалізації проекту. Сумарна величина затоплених площ складає приблизно 6 тис. кв. км. Спочатку розглянемо можливість демонтажу Київської ГЕС, що уявляє найбільшу загрозу штучного цунамі, оскільки загрожує м. Києву. Площа київського водосховища приблизно 800 кв. км. Осушення цієї площі вилеється у суму 80 млн USD за номінальною ціною 1000 USD/га. Цієї суми достатньо для початку демонтажу ГЕС.

Висновки. Сучасні інформаційно-аналітичні підходи до оцінки ефективності природокористування сприяють перегляду ряду положень, що склалися у роки планової економіки. Одне з таких положень полягає в тому, що генерація електроенергії виправдовує будь-які втрати зовнішнього середовища (екстерналії).

Тенденції розвитку енергетики в Україні дозволяють стверджувати, що у найближче десятиріччя частку енергетики, що виробляється за рахунок ГЕС, буде замінено на відновлювану енергетику, яка має в нашій країні значні перспективи.

Зроблено часткову кількісну оцінку втрат функції суспільного добробуту з урахуванням економічної, техногенної та екологічної складової. Для оцінки втрат екологічного характеру розглянуто компенсаційний критерій Хігса [14], який пропонує можливість використання грошової оцінки можливості змін, що підтримує суспільство: «wanted to pay» (WTP). Оцінено щорічну величину загальних суспільних втрат, яка перевищує 1 млрд USD. Найбільші суспільні втрати виникають через невикористання Дніпра як транспортної артерії. Внаслідок нераціонального транспортування аграрного експорту щорічно втрачається 550 млн USD. Втрати від нераціонального використання затоплених площ приблизно вдвічі менше.

В подальшому потрібно доповнити ці оцінки втратами у грошовому еквіваленті, що несе суспільство внаслідок погіршення якості питної води, втрати рекреаційного потенціалу узбережжя Дніпра, ерозії узбережжя водосховищ, витрат на підтримку безпечного стану гребель водосховищ.

Що стосується фінансових аспектів проблеми поступового встановлення природного стану Дніпра, то вони пов'язані з упровадженням ринку землі та будуть детально обговорені в подальших роботах авторів.

ЛІТЕРАТУРА

1. Березюк С. Сучасний стан та перспективи розвитку екологічного оподаткування в Україні. *Збірник наукових праць ВНАУ*. Серія: Економічні науки. 2012. № 4, Т. 2. С. 8–14.
 2. Веклич О., Шлапак М. «Екологічна ціна» економічного зростання України. *Економіка України*. 2012. № 1. С. 51–60.
 3. Дніпро // Вікіпедія – вільна енциклопедія. URL: <http://uk.wikipedia.org>
 4. Державна служба статистики України: офіц. сайт. URL: <http://www.ukrstat.gov.ua/>
 5. Скрипник А. В., Голячук О. С. Раціоналізація природокористування та каскад Дніпровських водосховищ. *Проблеми економіки*. 2014. № 4. С. 153–160.
 6. Скрипник А. В., Герасимчук Н. А. Економічні і фінансові ризики. Житомир: Вид-во ЖДУ, 2013. С. 368–371.
 7. Coase R. The Problem of Social Cost. *Journal of Law and Economics*. 1960. Vol. 3, No. 1. P. 1–44.
 8. Holding T. Externalities: Prices do not capture all cast. URL: <http://www.imf.org/>
 9. Maidment D. R. *Handbook of Hidrology*. N.Y.: Grow-FillInc, 1992. 432 p.
 10. Muller R. A. (2001–2002). Chapter 1. Energy, Power, and Explosions. *Physics fo Future Presidents, a textbook*. ISBN 978-1426624599.
 11. Samuelson P. A. Diagrammatic Exposition of a Theory of Public Expenditure. *The Review of Economics and Statistics*. 1955. Vol. 37, No. 4. P. 350–356.
 12. US Energy Information Administration «The Columbia River Basin provides more than 40 % of total US hydroelectric generation» // *Today in Energy*, 27 June 2014.
 13. Charles J., Tedd P., Warren A. *Delivering benefits through evidence*. Bristol: Environment Agency, 2011. 148 p.
 14. Hicks J. R. The foundation of welfare economics. *Economic Journal*. 1939. Vol. 49 (196). P. 696-712.
 15. Just R., Hueth D., Schmits A. *The Welfare Economics of Public Policy*. 2004. UK. EEPI. 707 p.
 16. Transportation balance of Ukraine 2013/2014. URL: [http://www.bakertilly.ua/media/\(fin\)Transport%20balance%20\(eng\).pdf](http://www.bakertilly.ua/media/(fin)Transport%20balance%20(eng).pdf)
 17. Обсяг експорту зернових з України перевищив за 23 млн тонн. URL: <http://uprom.info/news/agro/obsyag-eksportu-zernovih-z-ukrayini-perevaliv-za-23-mln-tonn>
 18. Расстояние между двумя координатами. URL: <https://planetcalc.ru/73/>
 19. ВБ оцінив щорічні втрати України від ДТП в \$9 млрд – експерт. URL: <http://korrespondent.net/business/economics/1140162-vb-ocenil-ezhagodnye-poteri-ukrainy-ot-dtp-v-9-mlrd-ekspert>
 20. Експерт: В країнах з відкритою економікою гектар землі стоїть \$30 тис. URL: <http://agroportal.ua/news/ukraina/ekspert-v-stranakh-s-otkrytoi-ekonomikoi-gektar-zemli-stoit-30-tys/>
 21. Оцінка екологічних проблем басейну Дніпра в контексті загроз національній безпеці України: аналіз. записка. URL: <http://www.niss.gov.ua/articles/1372/>
 22. Пигу А. *Экономическая теория благосостояния*. М.: Прогресс, 1985. 511 с.
 23. Energy price statistics. URL: http://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php/Energy_price_statistics
- development of ecological taxation in Ukraine]. *Zbirnyk naukovykh prats VNAU. Serii: Ekonomichni nauky* vol. 2, no. 4 (2012): 8-14.
- Coase, R. «The Problem of Social Cost» *Journal of Law and Economics* vol. 3, no. 1 (1960): 1-44.
- Charles, J., Tedd, P., and Warren, A. *Delivering benefits through evidence* Bristol: Environment Agency, 2011.
- Derzhavna sluzhba statystyky Ukrainy: ofits. sait. <http://www.ukrstat.gov.ua/>
- «Dnipro» [Dnepr]. *Vikipediia - vilna entsyklopediia*. <http://uk.wikipedia.org>
- «Ekspert: V stranakh s otkrytoy ekonomikoy gektar zemli stoit \$30 tys.» [Expert: In open economies hectares of land worth \$30 thousand]. <http://agroportal.ua/news/ukraina/ekspert-v-stranakh-s-otkrytoi-ekonomikoi-gektar-zemli-stoit-30-tys/>
- «Energy price statistics» http://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php/Energy_price_statistics
- Holding, T. «Externalities: Prices do not capture all cast» <http://www.imf.org/>
- Hicks, J. R. «The foundation of welfare economics» *Economic Journal* vol. 49 (196) (1939): 696-712.
- Just, R., Hueth, D., and Schmits, A. *The Welfare Economics of Public Policy* UK: EEPI, 2004.
- Maidment, D. R. *Handbook of Hidrology* New York: Grow-FillInc, 1992.
- Muller R. A. (2001–2002). Chapter 1. Energy, Power, and Explosions. *Physics fo Future Presidents, a textbook*. ISBN 978-1426624599.
- «Obsiah eksportu zernovykh z Ukrainy perevalyv za 23 mln tonn» [The volume of grain exports from Ukraine exceeded 23 million tons]. <http://uprom.info/news/agro/obsyag-eksportu-zernovih-z-ukrayini-perevaliv-za-23-mln-tonn>
- «Otsinka ekolohichnykh problem baseinu Dnipro v konteksti zahroz natsionalnii bezpetsi Ukrainy» [Assessment of ecological problems of the Dnieper basin in the context of threats to national security of Ukraine]. <http://www.niss.gov.ua/articles/1372/>
- Pigu, A. *Ekonomicheskaya teoriya blagosostoyaniya* [The economic theory of well-being]. Moscow: Progress, 1985.
- «Rasstoyaniye mezhdru dvumya koordinatami» [The distance between two coordinates]. <https://planetcalc.ru/73/>
- Skrypnyk, A. V., and Holiachuk, O. S. «Ratsionalizatsiia pryrodokorystuvannia ta kaskad Dniprovsykh vodoskhovyshch» [Rationalization of nature and the cascade of the Dnieper reservoirs]. *Problemy ekonomiky*, no. 4 (2014): 153-160.
- Skrypnyk, A. V., and Herasymchuk, N. A. *Ekonomichni i finansovi ryzyky* [Economic and financial risks]. Zhytomyr: Vyd-vo ZhDU, 2013.
- Samuelson, P. A. «Diagrammatic Exposition of a Theory of Public Expenditure» *The Review of Economics and Statistics* vol. 37, no. 4 (1955): 350-356.
- «Transportation balance of Ukraine 2013/2014» [http://www.bakertilly.ua/media/\(fin\)Transport%20balance%20\(eng\).pdf](http://www.bakertilly.ua/media/(fin)Transport%20balance%20(eng).pdf)
- «US Energy Information Administration «The Columbia River Basin provides more than 40% of total US hydroelectric generation»»In *Today in Energy*, 27 June 2014.
- «VB otsenil ezhagodnyye poteri Ukrainy ot DTP v \$9 mlrd - ekspert» [The WB has estimated annual losses of Ukraine from traffic accidents to \$9 billion - expert]. <http://korrespondent.net/business/economics/1140162-vb-ocenil-ezhagodnye-poteri-ukrainy-ot-dtp-v-9-mlrd-ekspert>
- Veklych, O., and Shlapak, M. «Ekolohichna tsina» ekonomichnoho zrostantia Ukrainy» [«Environmental price» of economic growth in Ukraine]. *Ekonomika Ukrainy*, no. 1 (2012): 51-60.

REFERENCES

Bereziuk, S. «Suchasnyi stan ta perspektyvy rozvytku ekolohichnoho opodatkuvannia v Ukraini» [Current state and prospects of