

НАУКОВІ ОСНОВИ ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯ ТА ЕНЕРГОЗБЕРІГАЮЧОЇ ПОЛІТИКИ

УДК 332.873: 658.18

В.А. ДЕНИСОВ, Н.П. ІВАНЕНКО канд. техн. наук, **Л.В. ЧУПРИНА**
Інститут загальної енергетики НАН України, м. Київ

ОЦІНКИ СОБІВАРТОСТІ ТА МОЖЛИВИХ ОБСЯГІВ ВИРОБНИЦТВА ЕЛЕКТРОЕНЕРГІЇ СОНЯЧНИМИ ЕЛЕКТРОСТАНЦІЯМИ В УКРАЇНІ

З урахуванням кліматологічної інформації про розподілення обсягів сонячної інсоляції на території України та існуючої технологічної бази фотоелектричної генерації електроенергії наведено результати попередніх розрахунків ефективності впровадження фотоелектричних електростанцій по областях України, як вихідна інформація для прогнозування доцільних обсягів впровадження технологій, що базуються на використанні відновлюваних джерел енергії.

Ключові слова: відновлювана енергетика, кліматологічна інформація, сонячна інсоляція, фотоелектрична генерація, фотовольтаїка, інвестиції, собівартість, доцільні обсяги, прогнозування.

Використання традиційних джерел енергії спричиняє все більше запитань відносно перспектив їх економічної ефективності, швидкості виснаження природних ресурсів та ризиків екологічного характеру.

В свою чергу, все більше надій покладається на відновлювані джерела енергії, технологічні зусилля в розвитку яких мають забезпечити необхідні безпеку, стабільність та економічну вигоду. Багато експертів вважають, що у найближчому майбутньому саме вони будуть визначати розвиток світової енергетики.

Сприяння розвитку зеленої енергетики у світі

За даними Міжнародного енергетичного агентства [1] у 2009 році сукупна світова державна підтримка «зеленої» енергетики і біопаливних програм становила 57 млрд дол. США, зокрема 37 млрд дол. США витрачено на наукові розробки. До 2035 року загальна сума коштів зросте до 205 млрд дол. США, або 0,17 % світового ВВП, з яких 63 % буде витрачено на відновлювану енергетику та 37 % – на біопаливо.

Підтримка у країнах ЄС

На початку 90-х років ХХ ст. в країнах ЄС були запропоновані пільгові тарифи на елек-

троенергію, що вироблялася за допомогою вітрогенераторів. Вже у 2000 році «зелені» тарифи працювали в 14 країнах, у 2005 році – у 37, причому не лише в західних країнах, а і в Китаї, Індії, Бразилії, Південній Кореї. Наразі цей механізм застосовується більш ніж у 50 державах світу.

Політика підтримки «зеленої» енергетики передбачає чіткі цілі і часові рамки. Країни G8 мають зобов'язання скоротити світові викиди парникових газів вдвічі до 2050 року, а країни ЄС – планують до 2020 року довести частку відновлюваних джерел енергії в енергобалансі до 20 %. Станом на 2010 рік вже 85 держав мали свої офіційні цілі, які в середньому полягають у досягненні частки відновлюваних джерел енергії в загальному балансі на рівні 5–25 % до 2020 року.

В Німеччині з 1999 року встановлено і зафіксовано на 20 років пільговий закупівельний тариф, який в залежності від типу і потужності системи складає 0,34–0,47 євро/кВт-год. Незважаючи на те, що рівень інсоляції в Німеччині значно нижче, ніж в країнах Середземномор'я, ефективна система «зелених» тарифів стала причиною того, що більше 80 % європейських фотоелектричних систем встановлено саме в Німеччині.

В Іспанії пільговий закупівельний тариф

© В.А. ДЕНИСОВ, Н.П. ІВАНЕНКО, Л.В. ЧУПРИНА, 2012

становить 0,41–0,44 євро/кВт-год, термін дії тарифу становить 25 років, причому ставка тарифу починаючи з 2009 року поступово знижується. Зафіксовано щорічний обсяг встановлення потужностей – 400 МВт. Заплановано, що за рахунок відновлюваних джерел протягом 2005–2010 років, буде забезпечено 12,1 % загального попиту та 30,3 % споживання електроенергії Іспанії.

В Італії ставки пільгових тарифів в залежності від типу і потужності системи встановлено 0,36–0,49 євро/кВт-год, термін дії тарифу складає 20 років. Ставка тарифу починаючи з 2009 року знижується на 2 % щорічно, а щорічний обсяг встановлення потужностей дорівнює 1200 МВт.

У Швейцарії ставки пільгових тарифів в залежності від типу і потужності системи встановлено 0,30–0,56 євро/кВт-год, термін дії тарифу становить 25 років.

У Франції загальна ставка пільгового тарифу встановлена 0,3 євро/кВт-год, для заморських територій та Корсики – 0,4 євро/кВт-год, термін дії тарифу складає 20 років. Для комерційної нерухомості діє підвищена ставка – 0,4 євро/кВт-год, немає обмежень на потужність установок на дахах. Від податків звільнено 50% витрат на встановлення сонячних модулів у житлових спорудах, якщо ці витрати не перевищують 8 тис. євро для самотніх та 16 тис. євро для сімей. Крім того, ПДВ на матеріали і сервісні витрати знижено до 5,5 %. Заплановано, що до 2020 року за рахунок підгалузі сонячної енергетики, яка використовує технологію фотоелектричного перетворення фотовольтаїку, потужність буде збільшено до 5,4 ГВт, тобто у 400 разів.

Підтримка у інших країнах світу

В КНР з метою підтримки внутрішнього споживчого ринку, особливо у віддалених регіонах, пільгові тарифи обчислюються за формулою: собівартість + «розумна надбавка». З 2009 року оголошено програму підтримки сонячної енергетики, тарифна надбавка для фотоелектричних установок встановлена 2,1 євро/кВт. Немає жодних обмежень встановленої потужності – як для окремих проектів, так і для всього ринку. Надбавку на струм, вироблений з сонячної енергії, встановлено Національною енергетичною адміністрацією і складає 0,115 євро/кВт-год.

В США пільги встановлені на федеральному рівні – у вигляді податкових пільг до 30 % на встановлення сонячних систем. Крім того, існують податкові пільги для виробників технологічного обладнання на рівні штатів. У більшості штатів зумовлено обов'язковий обсяг закупівлі електроенергії, що вироблена з відновлюваних джерел. Програма «Сонячна ініціатива» прийнята у штаті Каліфорнія, який є лідером даного напрямку в США, передбачає досягнення встановлених потужностей фотоелектричних систем 1,75 ГВт за рахунок фінансового стимулювання. У 2009 році більше 467 млн дол. США державних інвестицій було спрямовано на заохочення розвитку, встановлення та використання геотермальної і сонячної енергетики. Департаментом енергетики заплановано 117,6 млн дол. США на підвищення комерційної привабливості технологій у фотовольтаїці, з яких 51,5 млн дол. США – безпосередньо на розвиток фотоелектричних технологій, а 40,5 млн дол. США – на проекти з подолання перешкод нетехнічного характеру для поширення сонячної енергетики.

У Південній Кореї ставки пільгових тарифів в залежності від типу і потужності системи встановлено 0,46–0,48 євро/кВт-год, термін дії тарифу складатиме 15–20 років. Ставка тарифу починаючи з 2009 року знижується на 4 % щорічно, а обсяг встановлених потужностей дорівнює 1,3 ГВт у 2012 році та 4 ГВт у 2020 році. До 60 % вартості проектів фінансуються за рахунок державних грантів. Заплановано досягнення частки відновлюваних джерел в енергобалансі країни на рівні 4,3 % в 2015 році, 6,1 % в 2020 та 11 % в 2030 роках. В 2012 роки заплановано обладнання 100 тис. житлових будинків та 70 тис. державних/приватних установ системами фотовольтаїки.

В Україні

Однією з найбільш перспективних в сфері відновлювальної енергетики вважається сонячна енергетика, адже деякі розрахунки показують, що до 2030 року частка сонячної енергії в енергобалансі України може досягти 10 %. Тим більше, що за останні 7 років собівартість виробництва приладів генерації сонячної енергії у світі знизилася утричі, тобто спостерігається стала тенденція до зниження її собівартості. Зокрема, підгалузь сонячної енергетики, яка

використовує технології фотоелектричного перетворення – фотovoltaїка – демонструє швидке падіння цін на обладнання та зниження собівартості.

Законодавча підтримка. Ухвалено Енергетичну стратегію України до 2030 року, а також закони щодо субсидованих тарифів для електроенергії, виробленої з нетрадиційних джерел – так званих «зелених» тарифів. Стаття 17-1 Закону «Про електроенергетику» прийнята навесні 2009 року. Постановою НКРЕ від 23 липня 2009 року № 857 встановлено фіксовані мінімальні ставки «зеленого» тарифу для сонячних електростанцій: для наземних об'єктів – 505,09 коп/кВт-год; для об'єктів на дахах потужністю до 100 кВт – 463 коп/кВт-год, понад 100 кВт – 484,04 коп/кВт-год. Проте великі складнощі з отриманням «зеленого» тарифу через численні дозвільні вимоги – ліцензії, довідки, витяги, сертифікати тощо – та неповноту вторинного законодавства суттєво гальмують розвиток галузі.

Законодавчо передбачено пільги для виробників сонячної енергії. Відповідно до Податкового Кодексу, прийнятого у грудні 2010 року, до 2020 року включно від податку на прибуток звільняються прибутки від продажу електроенергії, виробленої з відновлюваних джерел. Також за Податковим кодексом від ПДВ звільняється імпорт обладнання і матеріалів для виробництва енергії з таких джерел – за умови, якщо відповідні товари з аналогічними показниками не виробляються в Україні. В липні парламентом прийнято Закон «Про землі енергетики та правовий режим спеціальних зон енергетичних об'єктів», згідно з яким орендна плата за землю для об'єктів відновлюваної енергетики зменшена на 70 %. Згідно зі ст. 158 документа, від податку на прибуток звільняється 50 % прибутку, отриманого від здійснення енергоефективних заходів та реалізації енергоефективних проектів підприємств, що включені до реєстру Державного агентства України з енергоефективності та енергозбереження (НАЕР). У зв'язку з тим, що до вказаного реєстру НАЕР поки що включені лише ВАТ «Завод напівпровідників» (Запоріжжя) та ПАТ «Квазар» (Київ), ефективність цього заходу є недостатньою.

Закон «Про електроенергетику» (зокрема, ч. 3 ст. 18 та ч. 7 ст. 24) та постанова Кабміну 126 від 19 лютого 2009 року зобов'язують енер-

гопостачальників приєднувати виробників струму з альтернативних джерел енергії до мереж. Вирішення цього питання гальмується відсутністю єдиного порядку підключення та компенсації витрат інвестора на будівництво або реконструкцію тих частин мережі, які повинні передаватися місцевим облэнерго або НЕК «Укренерго».

Стан інвестиційного клімату. Одночасно з виділенням державних інвестицій, міжнародні фінансові установи також виділяють кошти для підтримки відповідних проектів в Україні.

– IFC оголосила про намір інвестувати в 2010 році приблизно 500 млн дол. США для підтримки в тому числі і енергетичних проектів;

– Європейський банк реконструкції й розвитку (ЄБРР) розпочав Програму фінансування альтернативної енергетики в Україні (USELF). Передбачено кредитне фінансування обсягом 50 млн євро на інвестування у відновлювані джерела енергії українськими компаніями;

– Світовий Банк та НАЕР досягли домовленості про відкриття довгострокової кредитної лінії в розмірі 350 млн дол. США.

Труднощі

Недофінансування розвитку та модернізації мереж. За даними НАЕР, в 2011 році на реконструкцію електромереж виділено 250 млн грн. При тому, що за інформацією Міненерговуглепрому, тільки через недосконалість технологій і знос основних фондів енергосистема України щороку втрачає до 460 млн дол. США і ще понад 800 млн дол. США внаслідок зношеності мереж і трансформаторів.

За законом «Про електроенергетику» (ст. 17-1), питома вага сировини, матеріалів, основних фондів, робіт та послуг українського походження у вартості будівництва електростанцій на відновлюваних джерелах повинна з 1 січня 2012 року становити 30%, а з 1 січня 2014 року – 50 %. Крім того, для об'єктів сонячної енергетики з 1 січня 2012 року «зелений» тариф можуть отримати лише ті, де використовуються модулі, при виробництві яких питома вага матеріалів та сировини українського походження становить не менше 30%. Але ж проект про порядок розрахунку української складової лише готується в НКРЕ.

Обізнаність громадськості з перевагами, недоліками та перспективами впровадження

відновлюваних джерел енергії, в тому числі фотовольтаїки, та застосування «зелених» тарифів залишається низькою. Тому і зацікавленість споживачів, яка життєво необхідна для розвитку внутрішнього ринку, також не є достатньою. В зв'язку з цим понад 90 % сонячних модулів, вироблених в Україні, експортуються до країн Європи, де такий попит набагато вищий. Попри таке становище, існує досить великий потенціал попиту на внутрішньому ринку як в сегменті великих фотоелектричних проєктів, так і в секторі енергосистем невеликої потужності. За даними FuelAlternative, в Україні функціонує 1120 малих автономних сонячних енергосистем загальною потужністю 1,1–1,2 МВт. Лише за останні 2 роки встановлено близько 200 автономних джерел електроенергії на основі сонячних модулів.

Вищевикладені міркування підтверджують актуальність розрахунків, що дозволяють оцінити собівартість та можливі обсяги виробництва електроенергії сонячними електростанціями в Україні.

Кліматологічні фактори, що впливають на ефективність вироблення енергії сонячними модулями на території України, такі як розподілення обсягів сонячної інсоляції, температура навколишнього середовища та швидкість вітру, є відомими [2,3]. Також доступна інформація про технологічні та фінансові параметри існуючої технологічної бази обладнання для фотоелектричної генерації [2].

При виконанні розрахунків враховано такі співвідношення:

$$W^0 = \sum_m \alpha_{\text{втрат}} * \beta_{\text{стеж}} * K_{\text{фе}} * S_{\text{см}} * I_{\text{инс}}$$

де W^0 – сумарний обсяг вироблення електроенергії протягом початкового року;

$I_{\text{инс}}$ – питомий обсяг сонячної інсоляції в рік на м^2 площі;

$\alpha_{\text{втрат}}$ – коефіцієнт втрат системи;

$\beta_{\text{стеж}}$ – коефіцієнт ефективності, спричиняємий схиленням та відзеркаленням сонячного випромінювання;

$K_{\text{фе}}$ – коефіцієнт фотоелектричного перетворення сонячної енергії;

$S_{\text{см}}$ – сумарна площа сонячних модулів;

$$W_{\Sigma} = \sum_y Y_y * W^0,$$

де W_{Σ} – сумарний обсяг виробленої електроенергії протягом життєвого циклу системи;

Y_y – коефіцієнт, що відображає зниження ефективності вироблення електроенергії за рік у;

$$C = \frac{I^0 + \sum_y I_y * d_y}{W_{\Sigma}},$$

де C – оцінка собівартості вироблення електроенергії протягом життєвого циклу;

I^0 – обсяг початкових інвестицій;

I_y – обсяг поточних витрат для року y ;

d_y – значення дисконту для року y .

Виконані розрахунки

Описаний вище підхід дозволив розрахувати ефективності впровадження фотоелектричних електростанцій по областях України.

Виконано:

□ прогнозний розрахунок можливих обсягів видачі в електромережу енергії від фотоелектричних електростанцій;

□ оцінки собівартості вироблення енергії фотоелектричними електростанціями;

□ розрахунки виконані для способів фіксованої або автоматичної орієнтацій приймаючих елементів відносно положення Сонця – фіксована, азимутальна, вертикальна, оптимальна;

□ враховано необхідні обсяги первинного фінансування та вартість щорічної експлуатації систем;

та інші.

ВИСНОВКИ

З урахуванням кліматологічної інформації про розподілення обсягів сонячної інсоляції на території України та існуючої технологічної бази фотоелектричної генерації електроенергії виконано оціночні розрахунки ефективності впровадження фотоелектричних електростанцій по областях України, як вихідна інформація для прогнозування доцільних обсягів впровадження технологій, що базуються на використанні відновлюваних джерел енергії.

Порівнювальний розрахунок можливих обсягів видачі в мережу енергії від фотоелектричних електростанцій для кожної з областей України дає уявлення про ефективність використання фотоелектричних технологій для генерації електроенергії.

Оцінки собівартості вироблення електроенергії з використанням фотоелектричних технологій дозволяють стверджувати, що впровадження цих технологій є ефективним і доцільним для більшості областей України.

Таблиця – Можливі обсяги видачі в мережу енергії від фотоелектричних електростанцій та оцінки собівартості вироблення такої енергії

№	Територіально-адміністративна одиниця	Фіксована		Азімутальна		Вертикальна		Оптимальна	
		Електроенергія, що віддається в мережу, МВт-год/рік	Собівартість електроенергії, що віддається в мережу, €/МВт-год	Електроенергія, що віддається в мережу, МВт-год/рік	Собівартість електроенергії, що віддається в мережу, €/МВт-год	Електроенергія, що віддається в мережу, МВт-год/рік	Собівартість електроенергії, що віддається в мережу, €/МВт-год	Електроенергія, що віддається в мережу, МВт-год/рік	Собівартість електроенергії, що віддається в мережу, €/МВт-год
1	Крим, м.Тарханкут	1 100,00	190,54	1 440,00	145,55	1 440,00	145,55	1 480,00	141,61
2	Вінницька	1 080,00	194,06	1 410,00	148,65	1 410,00	148,65	1 440,00	145,55
3	Волинська	956,00	219,24	1 220,00	171,79	1 220,00	171,79	1 240,00	169,02
4	Дніпропетровська	996,00	210,43	1 280,00	163,74	1 290,00	162,47	1 310,00	159,99
5	Донецька	1 020,00	205,48	1 320,00	158,78	1 320,00	158,78	1 340,00	156,41
6	Житомирська	1 060,00	197,73	1 390,00	150,78	1 400,00	149,71	1 420,00	147,60
7	Закарпатська	959,00	218,55	1 190,00	176,13	1 190,00	176,13	1 210,00	173,21
8	Запорізька	1 010,00	207,51	1 280,00	163,74	1 280,00	163,74	1 310,00	159,99
9	Івано-Франківська	970,00	216,07	1 230,00	170,40	1 230,00	170,40	1 250,00	167,67
10	Київська	1 080,00	194,06	1 420,00	147,60	1 420,00	147,60	1 450,00	144,54
11	Кіровоградська	1 050,00	199,61	1 360,00	154,11	1 360,00	154,11	1 390,00	150,78
12	Луганська	1 020,00	205,48	1 310,00	159,99	1 320,00	158,78	1 340,00	156,41
13	Львівська	903,00	232,10	1 110,00	188,82	1 120,00	187,13	1 140,00	183,85
14	Миколаївська	1 050,00	199,61	1 350,00	155,25	1 350,00	155,25	1 380,00	151,88
15	Одеська	1 070,00	195,88	1 380,00	151,88	1 380,00	151,88	1 410,00	148,65
16	Полтавська	993,00	211,07	1 290,00	162,47	1 290,00	162,47	1 310,00	159,99
17	Рівненська	996,00	210,43	1 280,00	163,74	1 290,00	162,47	1 310,00	159,99
18	Сумська	982,00	213,43	1 280,00	163,74	1 280,00	163,74	1 300,00	161,22
19	Тернопільська	996,00	210,43	1 270,00	165,03	1 280,00	163,74	1 300,00	161,22
20	Харківська	902,00	232,36	1 230,00	170,40	1 240,00	169,02	1 260,00	166,34
21	Херсонська	1 060,00	197,73	1 370,00	152,99	1 370,00	152,99	1 400,00	149,71
22	Хмельницька	1 070,00	195,88	1 390,00	150,78	1 400,00	149,71	1 420,00	147,60
23	Черкаська	1 060,00	197,73	1 390,00	150,78	1 400,00	149,71	1 420,00	147,60
24	Чернівецька	1 120,00	187,13	1 480,00	141,61	1 480,00	141,61	1 510,00	138,80
25	Чернігівська	1 030,00	203,49	1 360,00	154,11	1 360,00	154,11	1 390,00	150,78
26	м. Київ	1 050,00	199,61	1 370,00	152,99	1 380,00	151,88	1 410,00	148,65
27	м. Севастополь	1 180,00	177,62	1 590,00	131,82	1 590,00	131,82	1 620,00	129,38
	УСЬОГО:	27 763		35 990		36 090		36 760	

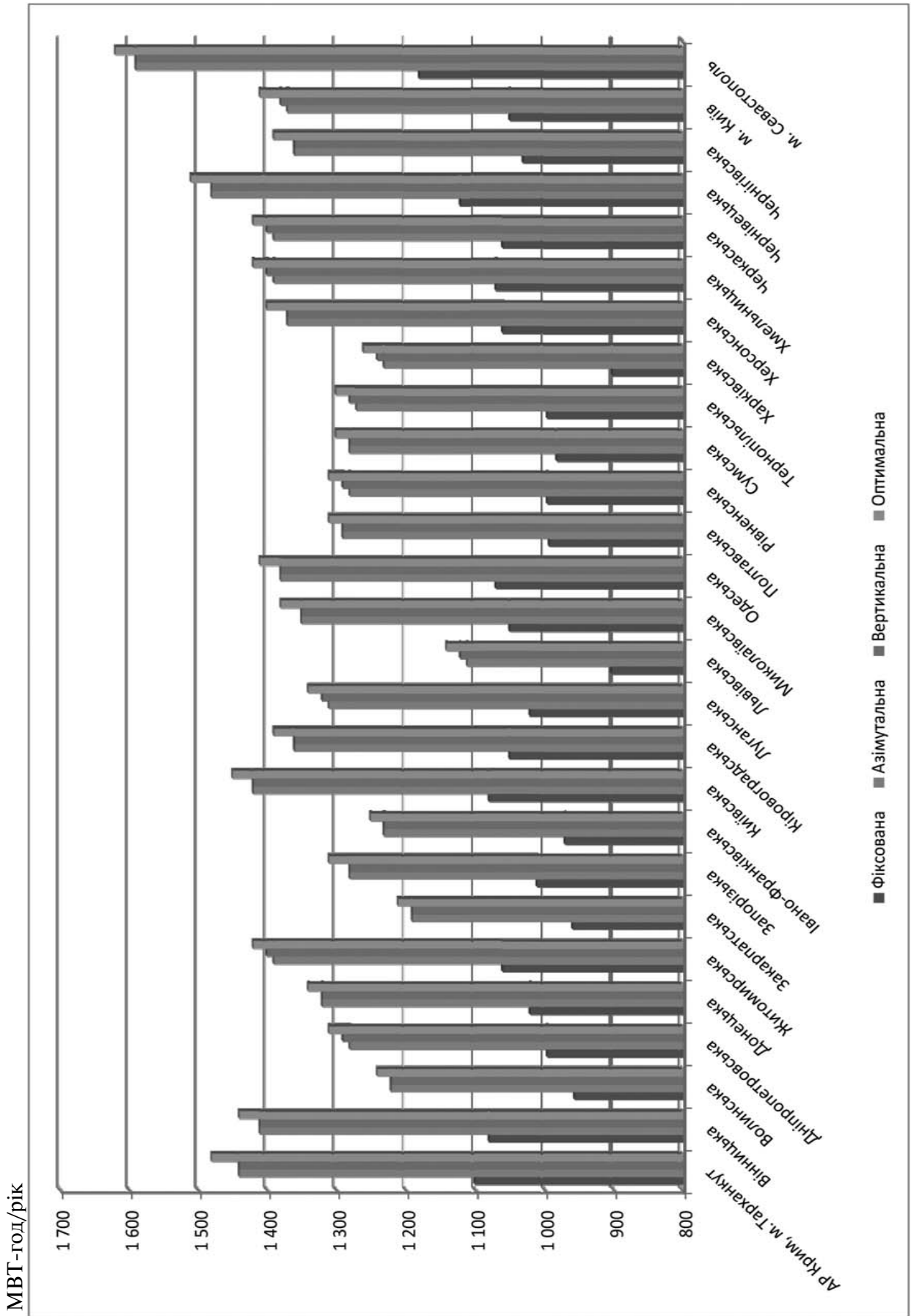


Рис. 1. Можливі обсяги електроенергії, що виробляється сонячними електростанціями в областях України

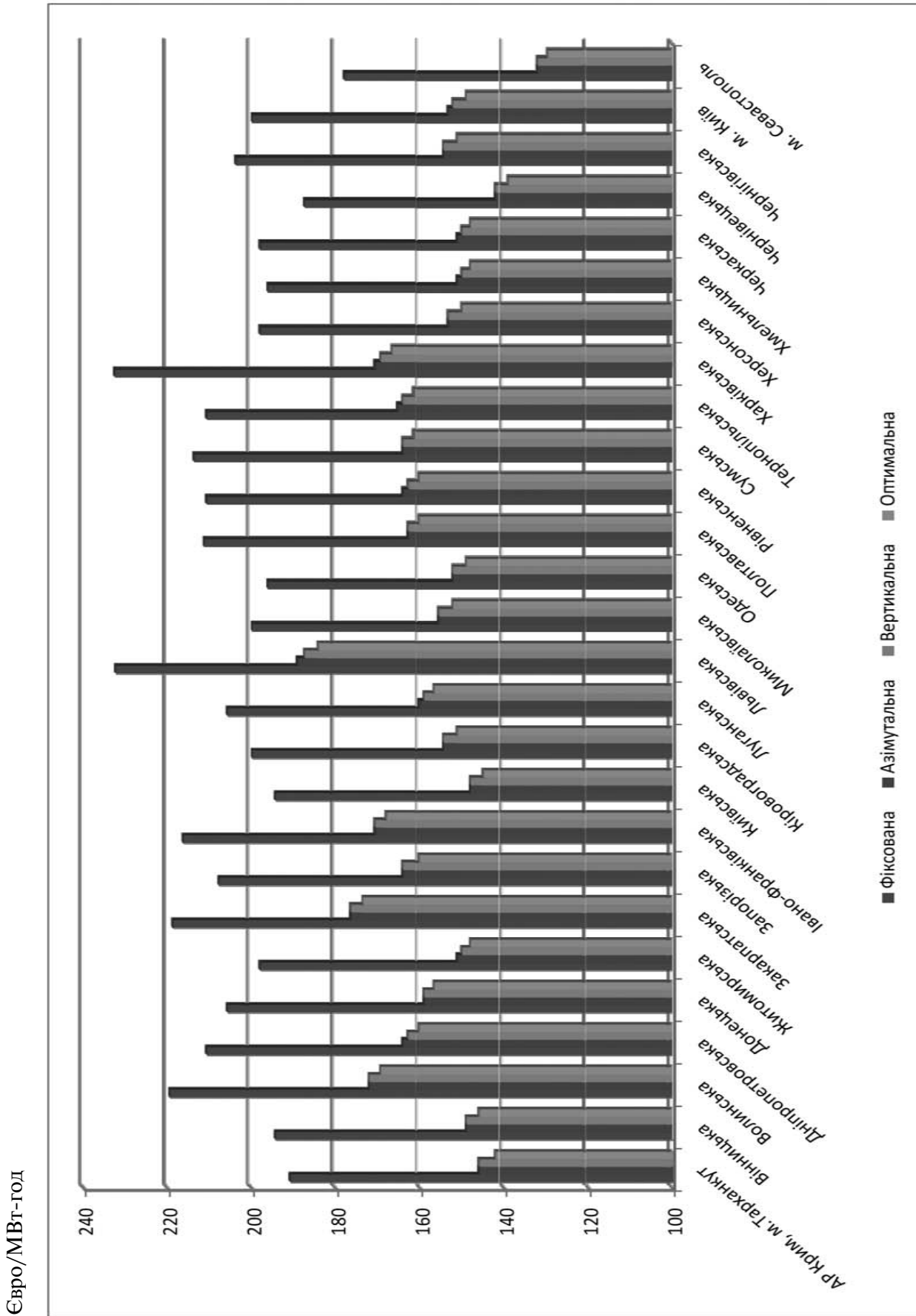


Рис. 2. Оцінка собівартості електроенергії, що виробляється сонячними електростанціями в областях України

1. *Украинская* солнечная электроэнергетика: перспективы и препятствия – аналитическая записка, яку було підготовлено експертами “DiXi Group” [Електронний ресурс]. – Режим доступу: http://ua-energy.org/upload/files/Solar_Analit_ukr_2011.pdf.
2. База кліматичних даних ПЗ RETScreen Plus [Електронний ресурс]. – Режим доступу:

http://www.etscreen.net/ru/software_and_data.php.

3. *Дневник* погоды в Украине [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.gismeteo.ru/diary/4975/>.

Надійшла до редколегії: 10.10.2012