

УДК 620.9.004.18. + 504.062.2.

Карпенко В. І., Лошицький П. П., Хімюк К. І.

РЕСУРСНІ МОЖЛИВОСТІ РОЗВИТКУ ЕНЕРГЕТИКИ В УКРАЇНІ НА БАЗІ ВІДНОВЛЮВАЛЬНИХ І НЕВІДНОВЛЮВАЛЬНИХ ДЖЕРЕЛ ЕНЕРГІЇ

Проаналізовані сучасний стан і Державна програма розвитку енергетики України. Ресурсні запаси невідновлювальних джерел енергії в країні незначні. Орієнтація розвитку енергетики на невідновлювальні джерела енергії, яка проводиться сьогодні, безперспективна для економіки й екологічного стану країни. Ресурсний потенціал відновлювальних джерел енергії в кілька разів перевищує енергетичні потреби суспільства. Подані рекомендації переорієнтації розвитку енергетики на посилення ресурсозбереження, на розробки і використання відновлювальних джерел енергії.

Енергія — це основа функціонування сучасної промисловості для забезпечення умов цивілізованого існування населення країни. Енергетика України — це потужний, складний і розгалужений технічний і технологічний комплекс, потенціал якого здатний забезпечити виробництво енергії на одну особу населення на рівні багатьох промислово розвинених країн Європи.

Вагоме місце в енергетиці України займає електроенергія. Загальна встановлена потужність електростанцій України складає 53,9 млн кВт, у тому числі потужності на: ТЕС — 36,4 млн кВт (67%), АЕС — 12,8 млн кВт (24%), ГЕС — 4,7 млн кВт (9%) [1].

В експлуатації перебуває більше 1 млн км електромереж та близько 3 тис. км теплових мереж.

Основа теплової енергетики країни складають 104 енергетичні блоки потужністю 150—800 МВт, встановлених на 14 ТЕС та 3 ТЕЦ. Атомна енергетика налічує 15 блоків 440—1000 МВт, встановлених на 5 АЕС. Крім того, 4 енергоблоки АЕС перебувають на різних стадіях будівництва.

Видобуток та виробництво паливно-енергетичних ресурсів в Україні представлені в табл. 1.

Ще в 1990 році основою енергетики країни була теплова енергетика, заснована на переважному застосуванні вугільних ТЕС, частка яких становила і становить тепер понад 60% загальної потужності ТЕС. Разом з тим, питома вага вугілля в паливному балансі ТЕС становила тоді лише 31,3%, решту складала природний газ і мазут. У структурі паливного балансу ТЕС переважає дефіцитне для України газомазутне паливо: у 1996 році його було спалено 19,5 млн т умовного палива. Широкомасштабне будівництво атомних електростанцій в 70—80-і роки призвело до згортання розвитку теплоенергетики та паливної бази країни. Тривалість експлуатації більшості ТЕС складає 20—40 років, а кількість часу, напрацьованого основним енергетичним обладнанням (близько 100% встановленої потужності), досягла межі 100 тис. год, причому, 50% з них перевищили граничний ресурс (170—220 тис. год). Тривалість експлуатації

Таблиця 1

Характеристика видобутку та виробництва паливно-енергетичних ресурсів в Україні

Тип енергоносія	Рік				
	1991	1992	1993	1994	1995
Електроенергія, млрд. кВт-год	279,0	250,0	227,42	200,81	194,6
Вугілля, млн т	136,0	134,0	116,0	94,6	83,6
Нафта (включаючи газовий конденсат), млн т	4,9	4,5	4,2	4,2	4,1
Природний газ, млрд т	2403	20,9	19,2	18,3	18,1

АЕС — близько 40 років, експлуатаційний ресурс обладнання на більшості АЕС також підходить до межі експлуатації.

Сьогодні функціонуванню енергетичної галузі в умовах економічної кризи притаманний спад виробництва, зростання цін на енергоресурси, інфляція та падіння платіжної спроможності споживачів. Це в Україні привело до постійного зниження виробництва і споживання електричної енергії. За сім останніх років її виробництво в Україні, за даними Міненерго, зменшилось з 296,3 млрд кВт·год до 176,9 млрд кВт·год, або до 59,7% від рівня 1990 року [2]. За даними досліджень розвитку енергетики України на період до 2015 року, наведеними у таблиці 2, основна частка виробництва електроенергії припадає на долю теплових електростанцій [3].

Як видно з таблиці, основна частка виробництва електроенергії у майбутньому вироблятиметься на ТЕС. Внаслідок проведення досліджень розвитку енергетики України створена Національна енергетична програма України (НЕП), яка визначає стратегію розвитку вітчизняної енергетики до 2010 року, була прийнята Верховною Радою України в травні 1996 року.

Реалізація НЕП у галузі енергетики передбачає пріоритетний розвиток та широке впровадження нових технологій спалювання вітчизняного вугілля, сучасних технологій використання природного газу, підвищення безпеки атомних електростанцій. Основою технічної політики НЕП у галузі енергетики є орієнтація на поетапну реконструкцію і модернізацію існуючого енергетичного обладнання, що має на меті продовження ресурсу енергоблоків, зменшення споживання природного газу та мазуту на підтримку горіння вугілля, зниження шкідливих викидів, насамперед пилу. Завданням перспективного періоду є проведення реконструктивних робіт на діючих АЕС з метою корінного підвищення їх надійності та безпеки.

На першому етапі до 2000 р. зусилля спрямовані на забезпечення продовження на 10—

25 років строку служби діючих енергоблоків шляхом впровадження маловитратних повузлових реконструкцій, нових технологій спалювання вугілля, реконструкції газомазутних енергоблоків шляхом реконструкції паротурбінних установок з метою поліпшення техніко-економічних та екологічних показників. Крім того, планується введення в дію по одному блоку на Рівненській та Хмельницькій АЕС загальною потужністю 2 млн кВт.

На другому етапі (2001—2010 рр.) передбачається проведення реконструкції ТЕС загальною потужністю 22 500 МВт за рахунок продовження реконструкції та модернізації ТЕС, широке впровадження реконструкції ТЕС з заміною старих котлоагрегатів на нові.

На третьому етапі (з 2010 р.) передбачається введення нових енергоблоків ТЕС загальною потужністю 3275 МВт, переважно з застосуванням нових ефективних технологій спалювання вугілля, створення нових комплексів з переробки відходів ТЕС на будівельні матеріали, вилучення з відходів ванадію та рідкоземельних металів.

В період 1995—2010 рр. Програмою передбачається введення нових енергетичних потужностей обсягом 23,9 млн кВт. Із загальних обсягів введення потужностей за рахунок нового будівництва буде введено 21,2 млн кВт., в тому числі 2,7 млн кВт за рахунок реконструкції та технічного переозброєння електростанцій.

Таким чином, в разі виконання намічених Програмою заходів щодо розвитку енергетики, потужність електростанцій України зросте до 2010 р. на 17,8 млн кВт і становитиме 70 млн кВт, що забезпечить задоволення потреб держави в електроенергії і теплі за умови розв'язання проблеми забезпечення паливом.

Ресурсне забезпечення енергетичного комплексу України невідновлювальними джерелами енергії: основний органічний енергоносіє у нашій державі — вугілля, кам'яне та буре. За загальними оцінками у надрах України може бути зосереджено до 300 млрд т вугілля як потенцій-

Таблиця 2

Прогнозні оцінки виробництва електроенергії електростанціями України на період до 2015 року, кВт·год.

	Рік			
	2000	2005	2010	2015
Загальне виробництво, у тому числі:	228,2	241,3	235,9	247,2
АЕС	96,2	95,7	95,7	95,0
ТЕС	121,2	134,6	128,5	140,5
ГЕС	10,8	11,0	11,7	11,7

ного ресурсу. Цієї кількості вітчизняних запасів вистачить на 400 років. В Україні перебувають в експлуатації також 115 газових родовищ, балансові запаси природного газу в яких складають 830 млрд м³. Більшість значних родовищ нафти України вже вичерпані майже до проектного рівня. Крім усіх перерахованих джерел електроенергії, на Україні є також запаси торфу, горючих сланців, у деяких районах використовують як паливо дрова [5].

Розвіданих запасів уранової руди вистачить для виробництва ядерного палива (з урахуванням кількості блоків АЕС) на 150 років. Але в Україні відсутній замкнутий цикл по виробництву ядерного палива: відходи переробки та відпрацьоване паливо накопичується десятками тисяч тонн, а цілком безпечного методу їх захоронення немає.

Отже, Україна досить добре забезпечена лише вугільними ресурсами (91,6 %), а нафтою і газом лише на 17,9 та 22,6 % відповідно. Тому багато нафти і газу доводиться імпортувати, на що наша держава щорічно витрачає значні кошти. Так, у 1995 р. з усього імпорту (11,39 млрд дол. США) 55,6 % (5,988 млрд дол. США) було витрачено на оплату первинних енергоносіїв (нафта і продукти її переробки, газ, вугілля) [6]. За сучасних рівнів енергоспоживання, представлених у табл. 3, для повного задоволення потреб країни в енергоносіях необхідно щорічно ввозити з-за кордону близько 20 млн т вугілля, 28 млн т нафти та до 70 млрд м³ газу.

В Україні виробляється 94 млн тонн умовного палива, що становить лише близько 30 % від необхідного для енергозабезпечення народного господарства. Імпорт нафти та газу — це головна стаття торгового дефіциту України по відношенню до Росії. На комунальні послуги ми витрачаємо 17 млрд м³ газу, на вироблення електроенергії — 34 млрд м³ газу, кожен рік використовуємо 10 млрд т бензину та 14 млрд т дизельного палива. Витрати на комунальні потреби кожного мешканця України 500—10 000 кВт·рік. Якщо виходити з розвіданих запасів палива й однакових темпів його добування в минулому та майбутньому, то можна встановити, що приблизно через 80 років усі природні паливні ресурси будуть вичерпані. Оскільки число розвіданих родовищ зростає, цей строк збільшиться

до 140 — 150 років [7]. При цьому з кожним роком добування палива буде ускладнюватись і дорожчати.

Відтак, ситуація, що склалася на сьогодні в Україні щодо природних паливних ресурсів, вже нині створює “кризу в енергетиці” і може поставити під загрозу виконання енергетичної програми в Україні, значною мірою впливає на розвиток кризи в економіці. Україна не забезпечена первинними енергетичними ресурсами (ПЕР) в достатній мірі, їх добування також завдає негативного впливу на навколишнє природне середовище. Обладнання і технології виробництва енергії на електростанціях застарілі, що призводить до понаднормових викидів шкідливих речовин. Розвиток енергетики на сучасному етапі дійшов межі, коли споживання первинних енергоресурсів досягло гігантських, планетарних масштабів, що, з одного боку, загрожує їх вичерпанням та “енергетичним голодом”, а з іншого — деградацією довкілля, що може викликати загрозу для щасливого існування майбутнього суспільства.

Вплив енергетики на довколишнє середовище виявляється, по-перше, у кількісному впливі, тобто у видобуванні та споживанні природних ресурсів (кисень, земля, вода), по-друге, у впливі відходів енергетичного виробництва у вигляді шкідливих викидів, залишків, що захоронюються; побічних ефектах (радіаційного, електромагнітного, акустичного); порушення ландшафтів територій; впливі на клімат. Так, за останні десять років у доповідях провідних міжнародних експертів та організацій неодноразово підкреслювалось, що виробництво та споживання енергії є головними чинниками забруднення довкілля внаслідок викидів в атмосферу широкою гами забруднюючих речовин, в тому числі газів, що сприяють так званому парниковому ефекту на земній кулі [8]. На Україні в процес суспільного виробництва щорічно залучається близько 1,5 млрд т природних речовин, що призводить до виснаження невідновлювальних мінерально-сировинних ресурсів, інтенсивно забруднюються ґрунти і водойми. Обсяг накопичених відходів добувної, енергетичної, металургійної та інших галузей промисловості досягає 15 млрд т і збільшується щорічно на 1 млрд т, що призводить до катастрофічного стану довкілля України. Еко-

Таблиця 3
Енергоспоживання та максимуми енергонавантаження в Україні
(за Національною енергетичною програмою)

	1992	1993	1994	1995	2005 (прогн.)	2010 (прогн.)
Енергоспоживання, млрд кВт/год	247,9	222,8	201,9	191,0	256,5	270,6

логічний стан водних об'єктів потребує термінового втручання з метою покращення екологічної ситуації. Тільки за 1991 рік в водойми було скинуто 4,3 млрд м³ забрудненої води. Екологічна ситуація на Україні різко погіршилася після викиду Чорнобильською АЕС понад 50 млн кюрі техногенних радіонуклідів. Внаслідок аварії на Чорнобильській АЕС вилучено з ужитку 127,9 тис га [9]. З усіх негативних впливів на природне середовище і населення України підприємствами паливно-енергетичного комплексу наймасштабнішими і найнебезпечнішими є впливи газопилових викидів, які складають 40 % від викидів усіх галузей, причому 29 % від них, або 70 % від викидів паливно-енергетичного комплексу, складають викиди теплоенергетики. Нині ТЕС на території України викидають в атмосферу 76 % оксидів сірки, 53 % оксидів азоту та 26 % твердих частинок від загальних обсягів викидів стаціонарних установок. На 1 млн кВт електричної потужності АЕС викидається в навколишнє середовище не менше 2 млн кВт теплової потужності, що в 1,5—1,8 разів більше, ніж на ТЕС. У регіональному масштабі (в радіусі до 100 км) найнебезпечнішим для природного середовища наслідком викидів окислів сірки, азоту, хімічно агресивних отруйних речовин та окремих канцерогенів (бензопірену, окислу ванадію, високомолекулярних органічних сполук) тепловою енергетикою є розчинення їх у водному атмосферному аерозолі і дощових опадах. Закислення цих опадів сірчаною та азотною кислотами, їх випадання обумовлює закислення ґрунтів, ґрунтових та поверхневих вод. З урахуванням майбутнього розвитку енергетики України в основному на базі ТЕС можна спрогнозувати можливі викиди шкідливих речовин у природне середовище, табл. 4.

Враховуючи вищезазначене, для зменшення негативного впливу енергетичної галузі на довколишнє середовище у майбутньому слід враховувати ефект впливу на нього.

Відомо, що виробництво та споживання енергії на базі невідновлювальних джерел енергії

спричиняє шкоду не тільки для природного середовища, а й для здоров'я людей. Цю шкоду можна розглядати за такими категоріями, як техногенні аварії, радіоактивні викиди та радіоактивні відходи, забруднення води й повітря, посилення парникового ефекту, відчуження земель, зникнення лісів, поширення пустель, що підкреслює багатовимірність вихідної проблеми. Як видно з вищенаведеного, енергетична галузь України перебуває у кризовому стані. Для виходу з кризи енергетики необхідно розв'язати цілий комплекс питань, серед яких екологічні проблеми належать до основних. Вплив енергетики на довколишнє середовище виявляється не тільки в значних щорічних обсягах викидів шкідливих речовин, а й у виведенні з природокористування значних територій, водних ресурсів, порушенні ландшафту територій, вплив на клімат, складуванні великих обсягів вторинних ресурсів.

Для комплексної оцінки негативного впливу енергетики на довколишнє середовище необхідні розробка відповідного нормативно-методичного забезпечення, комплексна експертиза діючих підприємств та організацій, а також проєктів модернізації та реконструкції енергетичної галузі України, інших потенційних забруднювачів навколишнього середовища [10]. Оскільки природні ресурси в Україні значно вироблені, а механізми регулювання природних основ життя вкрай деградовані, то актуальним є розробка концепції моделі переходу нашої держави до принципів самовідтворюваного розвитку.

Одним з основних елементів розробки стратегії майбутнього розвитку людства є енергозберігаючий світогляд, взаємообумовлений зв'язок енергозбереження та екології. Ми повинні забезпечити задоволення потреб в екології та в енергії для теперішнього покоління без втрат для майбутніх поколінь. Тому якнайкраще використання енергозберігаючих та природоохоронних заходів при промисловому розвитку стратегічно вигідне на великому проміжку часу з точки зору суспільства. Без розв'язання складних еко-

Таблиця 4
Питомі показники викидів шкідливих речовин продукції при дальшому розвитку ТЕС

Найменування шкідливих речовин.	Рік			
	2000	2005	2010	2015
Тверді викиди, тис. т	242,4	269,2	257,1	281,6
Газоподібні та рідкі, тис. т	72,8	80,76	77,1	84,3
В тому числі: окисли азоту, тис. т	60,6	67,3	64,25	70,25
сірчаний ангідрид, тис. т	12,2	13,45	12,85	14,05
Загалом:	315,2	348,96	334,2	365,9

логічних завдань та забезпечення необхідного рівня захисту природного середовища від забруднення димовими газами та рідкими стоками ТЕС у сучасних умовах не може бути реалізована стратегія розвитку енергетики.

У зв'язку з несприятливим екологічним становищем в районах розміщення великих ТЕС необхідні радикальні заходи щодо оздоровлення повітряних та водних басейнів цих регіонів:

1. Застосування ефективних установок сіркоочистки та азотоочистки на діючих енергоблоках та при введенні нових потужностей.
2. Використання парогазової технології при новому будівництві та реконструкції ТЕС.
3. Попереднє збагачення твердого та рідкого палива зі значним вмістом сірки та золи, що дозволить покращити економічність режимів спалювання.
4. Розробка та впровадження на ТЕС нового котельного оснащення з новими технологіями спалювання твердого палива, в першу чергу технології на основі циркулюючого киплячого шару.
5. Впровадження малостічних та безстічних технологічних систем на всіх ТЕС.
6. Утилізація золошлакових відходів ТЕС для використання їх у будівельній промисловості. Впровадження нових технологій спалювання низькосортного вугілля з внутрішньоцикловою газифікацією вугілля при використанні генеративного газу.

Всі надії на підвищення ефективності пилословловачів пов'язані з створенням досконаліших систем очищення димових газів і попелу. Передусім ідеться про збільшення висоти електродів і кількості полів електрофільтрів, використання знакозмінних джерел живлення, систем кондиціонування димових газів. Тому єдиним виходом з ситуації є впровадження ресурсо- та енергозбереження, екологічно чистої нетрадиційної енергетики та заходів по переробці відходів, що диктується також і екологічною ситуацією. Екологічний (природоохоронний) ефект енергозбереження не обмежується лише сферою використання енергії. Кожна заощаджена тонна палива, гікалорія теплоти чи кіловатгодина електроенергії дозволяють також забезпечити значний природоохоронний ефект на всіх попередніх енергетичних стадіях, пов'язаних з видобуванням палива, його збагаченням, переробкою і транспортуванням; виробництвом, транспортуванням електричної і теплової енергії до споживача і її розподілом [11].

Впровадження заходів з енергозбереження надає ширші можливості для виконання міжнародних зобов'язань України, зокрема "Конвенції про трансграничне забруднення повітря на

великі відстані", яку Україна ратифікувала у 1980 році. Так, згідно з Другим Протоколом відносно дальшого скорочення викидів сірки (Україна підписала у червні 1994 р. у м. Осло) наша держава взяла на себе зобов'язання скоротити викиди сірки на 40 % у 2010 р. порівняно з 1980 р. У жовтні 1988 р. в м. Софії Україна підписала "Протокол про скорочення викидів оксидів азоту або їх трансграничних потоків", яким передбачалась стабілізація викидів оксидів азоту до 1995 р. на рівні 1987 р. та подальша розробка заходів по їх зменшенню [12, 13]. Заходи з природоохоронної діяльності повинні скоротити обсяги викидів промисловості з одночасним скороченням питомого водоспоживання, суттєво зменшити кількість шкідливих речовин в атмосфері, стабілізувати обсяги води, які направляють на використання відходів попелу та шлаків. Наприклад, кожна заощаджена тисяча кіловатгодина електроенергії запобігає у середньому викиду в атмосферу 4,2 кг твердих часток, 5,65 кг оксидів сірки, 1,76 кг оксидів азоту, а заощаджена гікалорія теплоти — 2,2 кг твердих часток, понад 3 кг оксидів сірки та близько 1 кг викидів оксидів азоту.

Яскравою ілюстрацією взаємообумовленості екології та енергозбереження є приклад Данії, де при досягненнях у сфері енергозбереження має місце експорт екологічно чистих продуктів на 1,1 млрд єкю в рік. За рівнем використання чистих продуктів на душу населення Данія посідає перше місце у світі. Для розв'язання проблеми енергозабезпечення без негативних екологічних наслідків необхідна докорінна зміна концепції, стратегії і тактики подальшого розвитку енергетичної бази існування суспільства. Окрім всебічного розвитку й застосування енергозберігаючих технологій, техніки та матеріалів основою для вирішення зазначеної проблеми має бути широкомасштабне залучення до паливно-енергетичного балансу поновлювальних, а також інших нетрадиційних для сучасної енергетики джерел енергії. Існують різні прогнози енергетики майбутнього. Економія енергії займе перше місце серед заходів, що зумовлені збільшенням її вартості. При цьому малоенергоємні виробництва стануть все більш вигідними.

З енергетичної точки зору життя на Землі існує за рахунок енергії термоядерної реакції утворення гелію з водню на Сонці. Воно в основному забезпечує енергетичні ресурси Землі. В цьому природному термоядерному реакторі кожної секунди 600 млн т водню перетворюється в гелій з виділенням близько 10^{23} ккал/с. Резерви сонячної енергії достатньо великі. На поверхню земної кулі попадає близько $7 \cdot 10^{20}$ ккал/рік. Це більше ніж в 10 000 разів перебільшує сучасний рі-

вень світової енергетики і може забезпечити майбутній рівень енерговитрат людства. Площа пустель Землі складає $2 \cdot 10^7$ км². Величина сонячної енергії, яка падає на ці неосвоєні регіони досягає $5 \cdot 10^{18}$ кВт·г. Якщо засвоювати цю енергію з к. к. д. біля 5%, то існуючий рівень світової енергетики можна підвищити більше ніж в 200 разів. Сонячну енергію відносять до відновлювальних джерел енергії, які визнані перспективними і екологічночистими. Загальний потенціал їх можливого технічного використання у світі оцінюється в 17,2 ТВт·рік, в тому числі: біомаси — 6, сонячної енергії — 2,2, енергії води — 3, енергії вітру — 3, геотермальної енергії — 2, тепла океану — 1 ТВт·рік [14].

Загальний технічноможливий потенціал нетрадиційних поновлювальних джерел енергії (НПДЕ) України складає близько 78 млн т у. п. на рік (217 кВт/год), а це майже в 1,5 рази більше, ніж було спожито електроенергії в 1995 році (табл. 3). Потенціал — 78 млн т у. п. (100%) — за напрямками розподіляється таким чином: вітроенергетика — 24,6 млн т у. п. (31,4%), мала гідроенергетика — 2,24 (2,865), сонячна енергетика — 4,92 (6,292), біоенергетика — 21,2 (27,11), штучні горючі гази та метан шахтних родовищ — 13,2 (16,88), інші напрямки використання джерел енергії (геотермальна енергетика, спирти, водопаливні емульсії, техногенні родовища, гумові відходи) — 12,03 млн т у. п. (15,38%) [15].

Вітроенергетика є складовою частиною Національної енергетичної програми України, де передбачено до 2010 року ввести в експлуатацію 1990 МВт потужності вітрових електростанцій. Стимулюють зацікавленість до розвитку техніки і технологій використання енергії вітру також ряд законодавчих норм, зокрема закон України “Про енергозбереження” та “Про охорону навколишнього природного середовища”. Значні нормативні та економічні стимули передбачаються проектом Закону України “Про альтернативні джерела енергії”.

Сучасна технологія використання енергії вітру в великих обсягах передбачає створення та будівництво потужних вітроелектричних станцій (ВЕС) у складі електроенергетичних систем. Величина встановленої потужності ВЕС в складі централізованих електроенергетичних систем не повинна перевищувати існуючого резерву генеруючих потужностей, який складає близько 15% (7500 МВт). В Україні взято курс на прискорений розвиток виробництва вітроенергетичних установок (ВЕУ) і виробництво вітроелектростанцій (ВЕС) загальною потужністю 500 МВт і більше, для чого в вітроенергетику спрямовуються великі державні інвестиції (0,75% від товарної продукції виробництва еле-

ктроенергії в системі Міненерго України) [16]. Значною перевагою ВЕС над ТЕС, АЕС і ГЕС є те, що капітальні витрати практично не “заморожуються”, наприклад, вітроустановка USW 56-100 починає виробляти електроенергію через тиждень після доставки її на дільницю будівництва ВЕС [17]. Орієнтування на виробництво в Україні ВЕУ сумарною потужністю в 1000 МВт не обґрунтовано, в тому числі ні внутрішніми, ні закордонними заявками, ні технічно-економічним розрахунком. Незважаючи на малу швидкість вітру у більшості регіонів України, енергетичний потенціал його досить великий для інтенсивного розвитку вітроенергетики. Ресурси енергії вітру, які реально можна використати в межах території України на суші при сучасному розвитку віротехніки, перевищують обсяги нинішнього виробництва електроенергії у два рази. Значно більші ресурси можна задіяти, використовуючи вітроелектричні станції водного базування, передусім на морі, де вітри сильніші й стабільніші. Так, потенціал енергії вітру тільки на Сиваші у 1,5—2 рази більший, ніж сучасні обсяги виробництва електроенергії в Україні. Енергія вітру розподілена по території України нерівномірно. На одній і тій самій висоті потенціал на півночі країни приблизно вдвічі — втричі менший, ніж на півдні. Значний ріст енергетичного потенціалу вітру існує до висоти 60—180 метрів, а потім інтенсивність його росту сповільнюється. Найсприятливішими регіонами для будівництва вітроенергетичних станцій (ВЕС) великої потужності є Крим, Карпати, узбережжя Чорного й Азовського морів, Донбас, однак і в інших регіонах можливий успішний розвиток вітроенергетики. Окрім застосування в цих районах автономних вітроустановок, чутливіших до вітру (менш інерційні), тут можливе будівництво потужних ВЕС на окремих підвищеннях місцевості. Очікувані річні обсяги виробництва електроенергії з 1 м² перетину площі вітроколеса в перспективних регіонах складають 800—1000 кВт·год/м² рік [18]. Для оцінки обсягів економії палива, отриманої завдяки виробництву електроенергії вітроустановками, використовується питома величина умовного палива на відпуск електричної енергії з урахуванням витрат на власні технологічні потреби електростанції у розмірі 360 т у. п./кВт год. За цих умов річний досяжний обсяг економії палива складе 10,8 млн т у. п./рік, а для автономних — 5,76 млн т у. п./рік.

Зважаючи на все це, можна визначити першочергові заходи щодо розвитку на Україні автономної вітроенергетики на період до 2010 р.

Науково-технічне забезпечення розвитку вітроенергетики необхідно сконцентрувати на

розробці та впровадженні в серійне виробництво вітронасосних установок, автономних вітроелектричних установок, автономних вітрових та вітродизельних електростанцій.

Загальна потужність побудованих вітроустановок за період 1998—2010 років складе 1312,717 МВт, що забезпечить загальну економію традиційного палива в обсязі 4211,431 тис. т у. п., в тому числі за етапами: 2000 рік — 18,3 тис. т у. п./рік; 2005 рік — 250,0 тис. т у. п./рік; 2010 рік — 969,0 тис. т у. п./рік.

Використання сонячної енергії йде двома основними напрямками — перетворення вихідної енергії в тепло (теплова геліоенергетика) та електроенергію (фотоенергетика). В Україні реалізовано понад 50 експериментальних проєктів у різних галузях народного господарства. Результати експлуатації впроваджених об'єктів сонячної енергетики підтвердили ефективність прийнятих рішень. Досягнуто річної виробки теплової енергії 500—600 кВт·год/м², яка забезпечує економію паливно-енергетичних ресурсів — 150 кг у. п./м² на рік. Термін окупності впроваджених установок сонячного теплопостачання — від 3 до 10 років. Провідні позиції, як у розробці систем геліотеплопостачання, так і в промисловому виробництві колекторів сонячної енергії, займають США (випускається понад 1,6 млн м² колекторів у рік і більше 17 млн м² колекторів уже введено в експлуатацію); країни Західної Європи і Японія (де відповідно введено в експлуатацію 5,9 млн м² і 11 млн м² геліоколекторів). Виробництво електроенергії за допомогою сонячних фотоелектричних станцій (СФЕС) та установок з технічної та екологічної точки зору є найбільш привабливим.

Основною перешкодою на шляху розвитку фотоенергетики є висока вартість встановленої потужності СФЕС і відповідно генерованої електроенергії. За станом на 1997 рік середня вартість встановленої потужності сонячних батарей у складі СФЕС становить приблизно 8 грн./Вт, а вартість генерованої СФЕС електроенергії — 1 грн./кВт·год. У використанні сонячної енергії особливий наголос слід зробити на пріоритетний розвиток фотоенергетики. В Україні для цього є надзвичайно сприятливі умови. Це наявність високоякісної сировини, потужна інфраструктура для виробництва монокристалічного кремнію та фотоелектричних перетворювачів, відпрацьована в умовах серійного виробництва технологія їх виготовлення.

Виготовлені з таких перетворювачів сонячні батареї будуть конкурентоспроможним товаром на світовому ринку. Україна має передумови за короткий час забезпечити виробництво до 10 МВт сонячних батарей за рік. За економічними

показниками фотоенергетика деякий час може конкурувати з виробництвом електроенергії на ТЕС, але в ряді сфер її більш висока ефективність очевидна вже й тепер. Це автономні джерела живлення обладнання радіорелейних систем зв'язку, сигнальних знаків, реклами, освітлення парків, стоянок, зупинок, переносної теле- і радіоапаратури.

Потреби України в забезпеченні енергією з розвитком економіки будуть зростати. Особливо швидко мають збільшуватись енергетичні потреби у сільському господарстві. Розвинуті країни на виробництво сільськогосподарської продукції витрачають кожен рік до 32 % своїх національних енергоресурсів (Швеція). Доставка енергоносії на великі відстані у сільську місцевість не завжди вигідно через великі їх втрати на транспортуванні, оскільки в Україні склалась ресурсо-енергетична та екологічна криза, яка обумовлює зменшення обсягів виробництва в сільському господарстві та харчовій промисловості. Ці проблеми необхідно терміново вирішувати в складних економічних умовах при відсутності стабільного фінансового забезпечення.

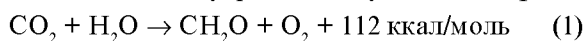
З наведених раніше даних видно, що потенційно біомаса є найбільш перспективним відновлювальним джерелом енергії. Біомаса як джерело енергії використовується людиною з давніх-давен. Біля 15 % первинної енергії у світі (це передусім країни, що розвиваються в тропічному поясі) зараз виробляється з біомаси. Однак і в США на долю біомаси приходить досить значна кількість — 2,1 трлн Мдж. Цю долю енергії можна порівняти з долею атомної енергії, яка дорівнює 2,9 трлн Мдж.

У біомасі (зеленій масі рослин, що утворюється в результаті фотосинтезу) енергія Сонця запасасться у вигляді хімічної енергії, яка може бути звільнена різними шляхами. Рослинний покрив Землі утворює більш 1800 млрд т. сухої речовини, що еквівалентно $30 \cdot 10^{21}$ Дж. В цілому на Землі за допомогою фотосинтезу кожен рік продукується 173 млрд т сухої речовини, що в 20 разів перевищує енергію, що використовується у світі.

Таким чином, теоретично можливе вирішення проблеми енергетичної кризи, яку людство починає відчувати вже сьогодні через нестачу традиційних видів палива, через оволодіння і підвищення ефективності використання процесів конверсії сонячної енергії в технічно доступні екологічно чисті види палива. Враховуючи більшу швидкість біологічних реакцій від хімічних і їх техніко-економічну рентабельність, одним з перспективних методів може бути конверсія сонячної енергії у паливо біоенергетичними системами.

Еволюція життя на Землі не могла проходити без еволюції засвоєння і використання енергії Сонця живими біологічними системами.

Ми розглянули два еволюційні біоенергетичні шляхи конверсії сонячної енергії. Один з них відбувається через фотосинтез, який у окислювально-відновлювальних процесах хлорофілвміщуючих організмів супроводжується виділенням кисню (реакція 1), або проходить без виділення кисню, як у фотосинтезуючих бактерій.



При випромінюванні сонячної радіації в ясний день 800 Вт/м^2 або $16,6 \text{ ккал/м}^2 \cdot \text{день}$ ($1 \text{ Вт} = 0,24 \text{ ккал/с}$).

В цьому процесі на кожні 112 ккал енергії, яка запасастся рослиною, утворюється максимум 30 г сухої маси органічної сполуки. При повному використанні всієї падаючої сонячної радіації утворилося б теоретично при максимальному енергетичному виході фотосинтезу 4500 г сухої органічної маси в день. Враховуючи енергетичну ефективність фотосинтезу в 14%, сильні окислювальні процеси при фотосинтезі і інше, реальна ефективність утворення органічної речовини має бути порядку 3%, тобто утвориться при сприятливих умовах 135 г сухої речовини за добу. В принципі такі добові прирости біомаси можна спостерігати на практиці. В цілому земний фотосинтез відбувається неефективно, з к. к. д. = $0,1-0,3\%$, і конвертує $3 \cdot 10^{24}$ Дж сонячної радіації, яка падає на поверхню Землі протягом року, перетворюючи її в хімічну енергію, асимілюючи $2 \cdot 10^{11}$ т вуглецю. Видобуток і використання корисних паливних копалин (газ, вугілля, нафта) складає $1,8 \cdot 10^9$ т/рік або $1,05\%$ світової продуктивності біомаси. Природна продуктивність фотосинтезу в виробничих умовах може бути підвищена в 10, 100 разів і майже до теоретичних максимальних значень. Особливо це стосується мікробіологічних фотосинтезуючих систем, які характеризуються високою ефективністю фотосинтезу. При фоторозкладі води суспензією водорості хлорели може утворюватись 130—140 л (~ 6 молей) кисню з 1 м^2 поверхні води за добу, продуктивність по водню може складати біля 12 молей/м² за добу, приріст біомаси до 150 г/м^2 за добу або 6 г/м^2 за годину. Біомаса водорості *Clorella* є перспективним видом не тільки щодо продуктивних показників, а й за своїм хімічним складом. Її стінка утворена з целюлози, яка може легко бути далі конвертована в технічно доступний вид палива (CH_4) по двох анаеробних біоенергетичних шляхах з участю метаногенних мікробних асоціацій або воднеутворюючих мікроорганізмів.

Ще більш перспективним в енергетичних цілях може бути культивування фотосинтезуючої галофільної зеленої водорості *Volvox*, яка розмножується в водах на півдні України і здатна до 80% загальної сухої ваги накопичувати вуглеводнів, з яких 30% — це ациклічні і циклічні вуглеводні, склад яких нагадує нафтопродукти.

Конверсія вуглеводів (в тому числі і целюлози хлорели) в метан є складним мікробіологічним процесом, який здійснюється різноманітним комплексом груп анаеробних мікробів. Вуглеводи можуть конвертуватись у метан в оптимальному випадку з отриманням з одного моллю глюкози трьох молей метану і трьох молей CO_2 . Перетворення енергії тут складає 85,7%. При кlostридіальному анаеробному зброджуванні на моль глюкози утворюється 4 молі водню, що відповідає ККД 33% конверсії енергії. Це пояснюється значним залишком енергії в аліфатичних кислотах, які накопичуються в середовищі при мікробному культивуванні.

Послідовне використання фотосинтетичних та анаеробних біоенергетичних систем перспективне в умовах енергетичної кризи на Україні.

Середня первинна продукція водоростей по зв'язаному вуглецю в природних умовах океану складає 550 кг/га в рік. Це в 2,5 рази менше в порівнянні з продуктивністю суші, але сумарна величина його первинної продукції складає 550,2 млрд т сирової біомаси в рік, а сумарна біомаса водорості — 1,7 млрд т в рік. 70% поверхні Землі вкрито водою. Люди майже не використовують ці неосяжні простори. Результати вказують на можливу перспективність використання водної поверхні для конверсії сонячної енергії. В геолого-географічних умовах України при відсутності пустель, великої розораності земель під сільськогосподарчу продовольчу продукцію, відсутності економічно рентабельних паливних копалин для забезпечення господарства може стати найбільш перспективним використанням в енергетичних цілях водної поверхні, розміщеної на території України. Природа підказує про необхідність проведення цих робіт. В умовах постійного збільшення антропогенного навантаження на водойми в Україні відбувається їх забруднення хімічними сполуками, які є додатковим поживним субстратом для водорості. Це приводить до інтенсивного "цвітіння" води і сприяє інтенсивному отруєнню водного середовища, внаслідок чого гине риба в водоймах. Цьому можна запобігти, використовуючи водорості в енергетичних цілях.

Річна продукція донних водоростей в Чорному морі від 77 т у відкритому морі до 170 т

сирої маси на га в рік в захищених місцях. Продуктивність прісних водойм значно нижча і становить в середньому 4—75 г/м² водної поверхні.

Якщо виходити з середньодобової продуктивності прісних водойм (20 г/м²) і тривалості вегетаційного періоду (6 місяців), середня продуктивність вирощувальних систем відкритого типу має скласти 72 т/га (сухої маси) в рік. Площа дзеркала водосховищ України — 7246 км², лиманів — 1698 км². Таким чином за рік з площі водосховищ можна отримати 52,1 млн т сухої маси водорості за рік і з площі лиманів більш ніж 12,2 млн т сухої маси водорості за рік. При мікробній конверсії цієї біомаси водорості в біогаз можна отримати 12,9 млрд м³ метану. На комунальні послуги в Україні витрачається біля 17 млрд м³ природного газу. При використанні системи водорості — біометан з водної поверхні 1 км² можна забезпечити енергетичні потреби 10 000 людей. Вартість капіталовкладень в біотехнологічний проект перетворення сонячної енергії в паливо відповідає витратам на сучасне будівництво атомних і теплових електростанцій. З вирощених на Чорному морі водоростей краще отримувати рідке паливо.

Технологічне використання цих енергетичних біотехнологій в природних умовах України можна направити не тільки на проведення енергетичного забезпечення, а й для заходів по очищенню водного басейну від органічних сполук і важких металів, враховуючи здатність водорості накопичувати ці сполуки в своїй біомасі.

За нашими підрахунками на Україні технологію конверсії біомаси в паливо можна використовувати для переробки органічних відходів в енергоносії з одночасним отриманням високоякісних добрив [20—26]. Посилаючись на умову, що з 1 т органічних відходів і біомаси можна отримати 350 м³ газів (H₂ і CH₄), 430 л рідкого палива, твердого палива з теплою згорання 12 300 кДж/кг. На Україні виготовляється 10 млн т гною, з якого можна отримати 0,6 млрд м³ біогазу чи 0,48 млн т у. п. у рік і одночасно у вигляді добрив 0,2 млн т азоту; 0,1 млн т окису фосфору, 0,4 млн т окису калію. Якщо 1000 м³ газу коштує 80 \$, то можна економити 48 млн \$ за рахунок практичного використання біогазу. Якщо тонна добрив у середньому коштує 2000 \$, можна економити 14 000 млн \$ за рахунок використання відходів у вигляді високоефективних добрив. У зв'язку з тим, що на території України у сільській місцевості проживає 26 млн людей, утворюється до 130 млн т сухих органічних побутових відходів, переробка яких може дати 32,5 млрд м³ біогазу чи 26 млн т у. п. Перероблюючи біомасу в паливо, на Україні можна додатково отримати 2 млрд м³ біогазу чи 1,6 млн т

у. п. з 10 млн т соломи злакових, яка часто використовується як підстилка худобі та пропадає у відходах.

Метаногенез у природі зустрічається там, де органічний матеріал руйнується в анаеробних умовах. Ця особливість використовується в системі очистки не тільки сільських, але й міських стічних вод — метантенках.

Особливістю цих штучних екосистем (метантенків) є:

- високі концентрації органічних речовин;
- відносно швидке споживання їх мікроорганізмами при постійному надходженні органічних речовин та рівномірному їх перемішуванні;
- постійна оптимальна температура.

Ці умови призводять до масового розвитку всіх організмів ланцюга анаеробного розкладу органічних речовин, включаючи метаногенні бактерії.

Щоб досягти швидкого перетворення складних органічних речовин (з вихідної сировини) в метан, необхідно забезпечити якомога більшу кількість клітин в метантенку. При цьому в зброженій масі на етапі стоку з метантенка може міститись значна кількість мікробних клітин, що являють собою всі мікробні форми ланцюга розкладу органічних речовин: 5,2—6,8 · 10¹⁰ клітин/г; 2,5 · 10¹¹ клітин/г сухої речовини.

Досягається це різними шляхами:

- часткове повернення зброженої маси в метантенк;
- процес UASB (Upflow anaerobic sludge blanket), в цьому випадку створюють умови, за яких мікроорганізми утворюють агрегати, що здатні легко осаджуватися.

Знизу в реактор подається сировина, і в цій зоні відбувається концентрація клітин метаногенів.

В залежності від виду вихідної сировини, концентрації органічних речовин, температури активність утворення біогазу досягає 0,4—8,4 л CH₄/л сировини на добу [20]. Діяльність метаногенних мікроорганізмів спрямована на деструкцію органічних речовин. Найлегше деструкції підлягають органічні речовини легкої форми — простіші, високомолекулярні органічні речовини також підлягають деструкції, але цей процес проходить в декілька етапів і триває довше. Оскільки активний мул в метантенку не може знаходитись досить тривалий час (постійно проходить процес надходження нових мас мулу та злив зброженої маси з метантенка), можна припустити, що високомолекулярні ароматичні органічні сполуки не встигають пройти процес повної деструкції, а проходять його тільки частково. Звідси витікає, що навіть невелика інтен-

сифікація діяльності метаногенних бактерій може дозволити підвищити ефективність деструкції високомолекулярних органічних сполук.

Екологічний стан стічних вод м. Києва є однією з найважливіших проблем міста, оскільки вони є джерелом забруднення природних водоймищ міста, зокрема р. Дніпро. Вода р. Дніпро є основним джерелом питної води для м. Києва, тому для збереження її придатності як питної води необхідно мати налагоджену систему очисних споруд. Очисткою стічних вод м. Києва займається Бортницька станція аерації. У 1997 році на споруди Бортницької станції аерації надходило 1358,5 тис. м³ стічної рідини на добу при проектній потужності 1800 тис. м³ на добу. Ефект очищення в середньому за рік складає: по завислих речовинах — 93,2 % (стоки, що надходять — 193,4 мг/л, після біологічної очистки — 13,2 мг/л); по БСК5 — 96,2 % (стоки, що надходять — 136,4 мг О₂/л, після біологічної очистки — 5,2 мг О₂/л).

В метантенках при термофільному режимі в анаеробних умовах відбувається зброджування органічних речовин, які входять до складу сирого осаду і надлишкового активного мулу. В процесі анаеробного бродіння осадів досягається також їх стабілізація і санітарне обеззаражування. Бродіння супроводжується виділенням газу — метану, який збирається в газові ковпаки, газові камери, газопроводи і газголдери.

Для підтримання процесу бродіння осадів в метантенках підігривається за допомогою пари, яка вводиться інжекторами-підігрівачами. Пара подається з котельної, котли якої працюють на газовому паливі (використовується біогаз із метантенків і природний газ метан). Зброджений осад самопливом вивантажується із метантенків у резервуари-дозатори і перекачується насосами, встановленими в насосних станціях зброденного осаду, на мулові поля для зневоднення.

На мулових площадках здійснюється зневоднення осаду. Надмулова вода, яка утворюється при зневодненні осаду, насосами перекачується в аеробні стабілізатори, потім розбавляється і скидається в Дніпро [26].

При моделюванні процесу культивування метаногенної асоціації активного мулу Бортницької станції в лабораторних умовах встановлено, що опромінення мікробних культур мулу дозами високочастотного опромінення (11,6 ГГц) інтенсифікує життєдіяльність метаногенних мікроорганізмів і стимулює процес метаногенезу. Оптимальна тривалість високочастотного опромінення для інтенсифікації їх життєдіяльності при періодичних умовах культивування була 20 хвилин. Оптимальна кількість доз опромінення при періодичному культивуванні

метаногенної асоціації мулу очисних станцій представлена на графіках 1 і 2. Коефіцієнт співвідношення об'єму біогазу з проб, що були опромінені, до об'єму біогазу з контрольних проб становить 1,1 — ефективність виділення біогазу збільшується на 10 % (графік 3). Суттєве підвищення ефективності виділення біогазу свідчить про інтенсифікацію процесу метаногенезу, а звідси — про збільшення ефективності очистки стічних вод. Перераховуючи дані дослідження на виробничі потужності Бортницької станції аерації за 1997 рік, коли кількість надлишкового мулу дорівнювала 6533,7 тис. м³, а кількість біогазу (СН₄), що виділяється в процесі бродіння — 13067,4 тис. м³, то при інтенсифікації процесу метаногенезу на 10 %, ми одержимо збільшення кількості біогазу на 1306,74 тис. м³, а кількість надлишкового мулу зменшиться на 653,37 тис. м³. Енергетичні витрати на створення доз високочастотного опромінення настільки мізерні, що ми їх не враховували при підрахунках.

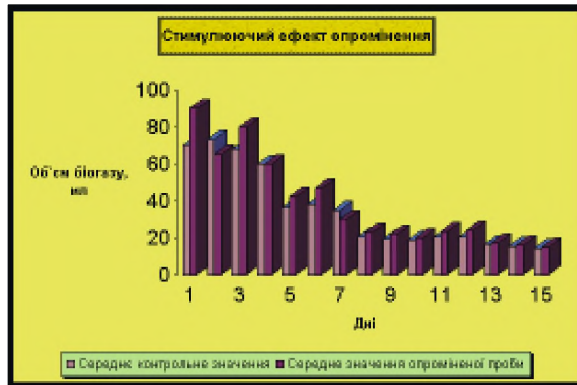
Отже, необхідно приділити увагу стану сучасних стічних вод м. Києва, інших міст України та виробити нові заходи щодо покращення процесу їх очистки на енергозберігаючій основі. Іntenсифікуючи процес метаногенезу, ми отримуємо подвійну користь — збільшення об'єму біогазу та зменшення кількості надлишкового мулу, що підвищує ефективність очистки стічних вод. Це дозволить економити природні ресурси (природний газ) та електроенергію.

Ще однією цінною властивістю біомаси є те, що, акумулюючи сонячну енергію, вона також здатна накопичувати в собі елементи-забруднювачі навколишнього середовища (радіонукліди, важкі метали, тощо).

Розробка технологій отримання і переробки біомаси можуть забезпечити енергетичні по-



Графік 1. Кількість біогазу (тис. кг/см²), виділеного метаногенною асоціацією мулу очисної станції в залежності від періодичності і тривалості (по 20 хвилин) високочастотного опромінення (11,6 ГГц) за добу на початку культивування мікробів



Графік 2. Стимулюючий ефект дії малих доз високочастотного опромінення (11,6 ГГц) на життєдіяльність метаногенних асоціацій мулу (об'ємом 250 мл) очисної станції в динаміці анаеробного культивування при періодичному опроміненні (раз на добу по 20 хвилин)



Графік 3. Співвідношення загальних кількостей (за середніми значеннями) біогазу контрольних проб та проб, що були опромінені

треби, отримання металів і заходи по охороні навколишнього природного середовища, продукти харчування. Зараз настала нагальна економічна необхідність розгорнути ці роботи в умовах України. У світі комплексно такі роботи не проводяться, тому наша установа може стати першою у світі, яка буде розробляти цей перспективний науково-технічний напрям. Першим кроком для вирішення вказаних проблем має бути розробка та створення лабораторного комплексу, який дозволить моделювати заходи по енергозабезпеченню та охороні навколишнього середовища з використанням біомаси. Необхідно розробити методики підбору та оцінки застосування тих чи інших схем вирощування та переробки біомаси у паливо. Розроблені методики можуть бути використані в навчальному процесі при підготовці фахівців з біології та екології. У випадку позитивних результатів досліджень на запропонованому лабораторному комплексі робота буде мати широке впровадження і мати не тільки теоретичне, але й практичне значення для комплексного розв'язання проблем ресурсозбереження, енергозабезпечення та охорони навколишнього природного середовища, насамперед, екологічно небезпечних регіонів України.

Враховуючи прогнози енергетики майбутнього, економія енергії займе перше місце серед заходів, що зумовлені збільшенням її вартості. При цьому малоенергоємні виробництва стануть

все більш вигідними. За оцінкою академіка М. А. Стирківича, на початку 21 ст. можна чекати таких змін у структурі паливного балансу: 1) поступове зменшення долі нафти; 2) збереження ролі природного газу до 2000 р.; 3) збереження долі вугілля з видобутком до 8—9 млрд т на рік; 4) швидкий ріст ядерної та термоядерної енергетики — до 15—20 % у 2000 р. та 25—35 % у 2025 р.; 5) швидкий ріст поновлювальних ресурсів — до 8—10 % в 2025 р.

Тож, виходячи з наявних паливно-енергетичних ресурсів у світі і на Україні, прогнозу енергетики майбутнього, є підстави на першочерговий розвиток технологій використання поновлювальних джерел енергії. Ця тенденція з кожним роком має посилюватись. Наприклад, у більшості країн світу створено державні, міждержавні та приватні науково-технічні програми по переробці біомаси в паливо. В результаті практичної реалізації отриманих розробок за цими програмами вже зберігають тисячі тонн нафти, а деякі країни (Бразилія, Швеція та інші) вже можуть відмовитися від імпортування нафти. Україна теж прийде на цей шлях розвитку. Ринок технологій на базі відновлювальних джерел енергії ще незайнятий. Враховуючи достатній науково-технічний потенціал на Україні, направляючи інвестиції саме в цей сектор енергетики, можна було б швидко досягти тут успіху і сприяти покращенню економіки, енергетичного забезпечення, екологічного стану на Україні.

1. Інформаційно-аналітична доповідь. Електроенергетика України: сучасний стан, проблеми і перспективи розвитку. — К: Інститут енергетичних досліджень, 1998. — С. 7—20.

2. Гордань В. И. Использование энергоресурсов в Украине // Энергетика и электрификация. — 1995. — № 4. — С. 43—46.

3. Григор'єв О. С. Паливно-енергетичний комплекс України. Основні проблеми та перспективи розвитку. — К, 1996. — С. 42—45.

4. Україна на шляху до енергетичної ефективності. Методологія розробки, основні напрями і механізми реалізації Комплексної державної програми енергозбереження України до 2010 року / За редакцією М. П. Ковалка,

М. В. Рапцуна, М. М. Кулика, О. О. Єрохіна.— Київ: Агентство з раціонального використання енергії та екології. 1997, С. 36—89.

5. Долинський А. А., Воловик Ю. И. Собственные энергоресурсы для энергетики Украины // Промышленная теплотехника.— 1996.— № 3, С. 62—80.

6. Ковалко М. П. Энергозбереження — шлях до якісних змін в економіці України: Энергозбереження в Україні "97.— К.: 1997.— С. 5—8.

7. Дикий О. М. Поновлювані джерела енергії. Київ. "Вища школа". 1993.— С. 7—12.

8. Барановський В., Пироженко К., Шевченко В. Медико-екологічний атлас України.— К: Інститут географії НАН України, 1995.— С. 30—32.

9. Національна доповідь про стан навколишнього природного середовища в Україні. Міністерство охорони навколишнього природного середовища України. Київ. 1997 рік.

10. Энергозбереження. Методи визначення економічної ефективності заходів з енергозбереження.— К: Держстандарт України, 1993.

11. Голубець М. А. Фундаментальні проблеми екології в контексті сталого розвитку // Экотехнологии и ресурсосбережение.— 1997.— № 1.— С. 45—48.

12. Костюк П. Г. Наукові основи концепції сталого (самовідтворювального) розвитку в Україні // Экотехнологии и ресурсосбережение.— 1997.— № 1.— С. 42—44.

13. Моисеев М. Н. "Устойчивое развитие" или "стратегия переходного периода" // Экономика предприятий и окружающая среда.— 1995.— № 1—2.— С. 30—35.

14. Альтернативные источники энергии: эффективность и управление. Международный журнал 1/90, с. 15.

15. Энергозбереження — пріоритетний напрямок державної політики України / Ковалко М. Н., Денисюк С. П.; Відпов. ред. Шидловський А. К.— К.: УЕЗ, 1998.— 506 с.

16. Концепция развития ветроэнергетики в Украине / Энергетика и электрификация. 1997; № 5.— С. 18—23.

17. О строительстве ВЭС на Украине / Энергетика и электрификация. 1995, № 3.— С. 30.

18. Питання з розвитку та впровадження технологій використання нетрадиційних і відновлюваних джерел енергії. К. 1997.— С. 8—15.

19. Кухарь В. П., Зайцев И. Д., Сухоруков Г. А. Эко-технология. Оптимизация технологии производства и природопользования. К.: Наукова думка, 1989.— 264 с.

20. Малашенко Ю. Р., Хайер Ю., Бергер У., Романовська В. А., Мучник Ф. В. Біологія метаноутворюючих та метаноокислюючих мікроорганізмів. К.: Наукова думка, 1993.— 255 с.

21. Науковий редактор В. І. Карпенко "Біотехнологія у сільському господарстві та в промисловості" ретроспективний бібліографічний показник, випуск 3, Технологічна біоенергетика, 1988 р.

22. Карпенко В. І. з співавторами "Конверсія біомаси і сільськогосподарських відходів у паливо в кліматичних умовах України". Збірник доповідей Міжнародної науково-технічної конференції з питань розвитку механізації, електрифікації і автоматизації сільськогосподарського виробництва в умовах ринкових відносин, 15—17 листопада 1994 р.

23. Карпенко В. І. з співавторами "Перспективи отримання палива з використанням природних і штучно створених біосистем". Тези доповідей наукової конференції "Україна: людина, суспільство, природа". Київ, 18 січня 1995 р.

24. Карпенко В. І., Вишня Г. "Реактор в коттедже". Зеркало недели, 1996 г. № 31 (96)

25. Карпенко В. И. Метаногенез термофильного консорциума на метаноле // Труды конференции "Термофильные микроорганизмы в природе и народном хозяйстве", 1983.

26. Технічний звіт про роботу Бортницької станції аерації за 1997 рік.— ДКО, К.: Київводоканал, 1998.— 222 с.

Karpenko V. I., Loshytsky P. P., Khimyuk K. I.
**RESOURCES POSSIBILITIES OF THE
 ENERGETICS DEVELOPMENT IN UKRAINE
 ON THE BASE OF RENEWAL AND UNRENEWAL
 ENERGY SOURCES**

The current state and The State Program of the development of energetics in Ukraine has been analyzed. Because funds of unrenewal energy sources are limited the development option on these sources of energy has no perspective for Ukrainian economy and the environmental situation. At the same time the potential of the renewal energy sources exaggerates the current demand. Reorientation of energetics development in Ukraine on the intensification of unrenewal resource reservation and use of renewal energy resources has been proved.