

ПРОБЛЕМЫ РАЗВИТИЯ ЭНЕРГЕТИКИ УКРАИНЫ. ВОЗОБНОВЛЯЕМАЯ И НЕТРАДИЦИОННАЯ ЭНЕРГЕТИКА

Н. М. Мхитарян¹, В. Ф. Мачулин²

¹Институт возобновляемой энергетики НАН Украины, Киев

²Институт физики полупроводников НАН Украины, Киев

Надійшла до редакції 12.01.06

Резюме: В работе представлены объективные факторы, обуславливающие необходимость развития возобновляемой энергетики в мире вообще, а также основные причины, определяющие необходимость опережающего развития возобновляемой энергетики и главные предпосылки для ее развития в Украине: энергетический потенциал возобновляемых источников, научная и промышленная база, образование. Представлены основные направления фундаментально-прикладных исследований, проводимых в Институте возобновляемой энергетики НАН Украины, результаты и перспективы дальнейшего развития возобновляемой энергетики в Украине, научно-технические возможности повышения технико-экономической эффективности систем энергоснабжения на основе энергии возобновляемых источников, а также базисное состояние освоения энергии возобновляемых источников.

Ключевые слова: возобновляемые источники энергии, ветровая энергетика, солнечная энергетика, геотермальная энергетика, малая гидроэнергетика, биоэнергетика, возобновляемые органические энергоресурсы.

Н. М. Мхітарян, В. Ф. Мачулін. ПРОБЛЕМИ РОЗВИТКУ ЕНЕРГЕТИКИ УКРАЇНИ. ВІДНОВЛЮВАНА І НЕТРАДИЦІЙНА ЕНЕРГЕТИКА.

Резюме: У роботі наведені об'єктивні фактори, що зумовлюють необхідність розвитку відновлюваної енергетики в світі взагалі, а також основні чинники, що визначають необхідність випереджаючого розвитку відновлюваної енергетики і головні передумови для її розвитку в Україні: енергетичний потенціал відновлюваних джерел, наукова і промислова база, освіта. Представлені основні напрями фундаментально-прикладних досліджень, що проводяться в Інституті відновлюваної енергетики НАН України, результати і перспективи подальшого розвитку відновлюваної енергетики в Україні, науково-технічні можливості підвищення технико-економічної ефективності систем енергопостачання на основі енергії відновлюваних джерел, а також базисний стан освоєння енергії відновлюваних джерел.

Ключові слова: відновлювані джерела енергії, вітрова енергетика, сонячна енергетика, геотермальна енергетика, мала гідроенергетика, біоенергетика, відновлювані органічні енергоресурси.

N. Mkhitaryan, V. Machulin. UKRAINIAN ENERGY DEVELOPMENT PROBLEMS. RENEWABLE AND NON-TRADITIONAL ENERGY.

Abstract: In this article the necessity of world development of renewable energy is described, principal reasons, determining the necessity of development of renewable energy and main pre-conditions for its development in Ukraine. It is the power potential of renewable sources, scientific and industrial base, education. Basic directions of the applied researches of Institute of renewable energy of NAS of Ukraine, results and prospects of further development of renewable energy in Ukraine, scientific and technical possibilities of increase of technical and economical efficiency of the systems of energy supply on the basis of energy of renewable sources, and also base state of mastering of energy of renewable sources, are described.

Keywords: renewable energy sources, wind energy, sun energy, geothermal energy, small hydro energetics, bioenergy.

"...каждый луч Солнца, не уловленный, а бесплодно отразившийся обратно в мировое пространство – кусок хлеба, вырванный изо рта отдаленного потомка."

К. А. Тимирязев

"...Топить нефтью – все равно, что топить ассигнациями."

Д. И. Менделеев

Человечество на протяжении всего существования должно постоянно решать три основные проблемы: обеспечение продуктами питания, обеспечение энергией, а также использование естественных и создание искусственных условий, пригодных для нормальной жизнедеятельности. Эти проблемы взаимосвязаны между собой и каждая важна сама по себе, но на данном этапе развития мирового сообщества на первое место выходит проблема энергообеспечения человечества.

В связи с истощением запасов органического топлива, традиционно используемого для получения энергии, в последнее время еще более актуальными стали предупреждения выдающихся ученых о необходимости экономии энергоресурсов и развития возобновляемой энергетики.

Основным преимуществом возобновляемых источников энергии (ВИЭ), классификация которых дана на рис. 1, является их неисчерпаемость и экологическая чистота, что

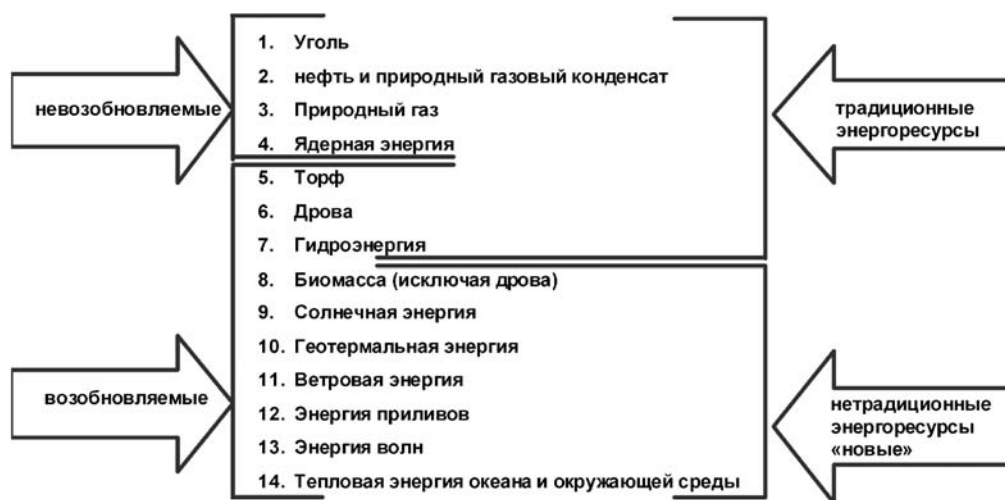


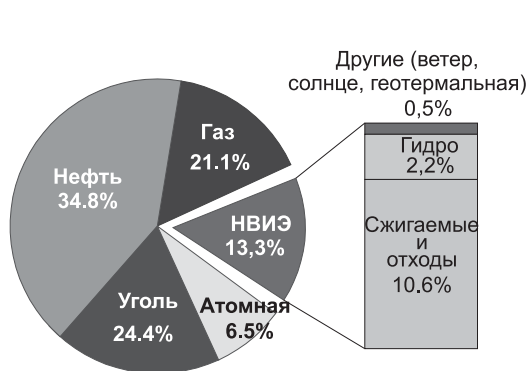
Рис. 1. Классификация энергоресурсов

способствует улучшению экологического состояния окружающей среды и не приводит к изменению энергетического баланса на планете [1].

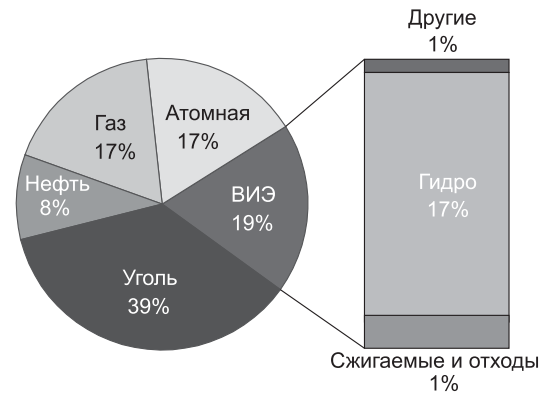
Приведенная на рис. 1 классификация энергоресурсов дает возможность понять, что такое нетрадиционные и возобновляемые источники энергии (НВИЭ). Такая классификация принята во всем мире.

Основными факторами, которые обусловили освоение энергии возобновляемых источников, являются необходимость обеспечения энергетической безопасности стран, снижение объемов тепловых и вредных выбросов, а также сохранение запасов энергоресурсов для будущих поколений.

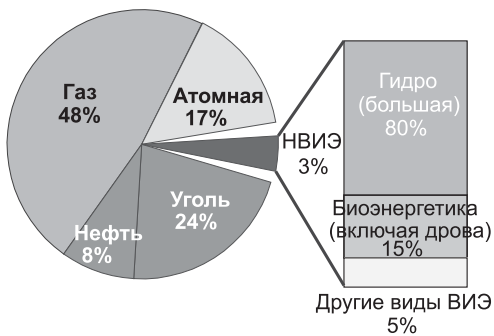
Многие страны мира сейчас развивают возобновляемую энергетику. В частности Германия, США, Испания, Швеция, Дания, Япония планируют в первой половине XXI в. увеличить долю возобновляемых источников энергии в общем энергобалансе до 20–50 %. Европейское содружество предусматривает до 2010 г. удвоение части возобновляемых источников энергии в общем энергоснабжении с 6 до 12 % [2]. Согласно требованиям ЕС, доля возобновляемой энергии в национальном энергопроизводстве стран, стремящихся к вступлению в ЕС, должна составлять не менее 6 % или (с учетом большой гидроэнергетики) не менее 12 %.



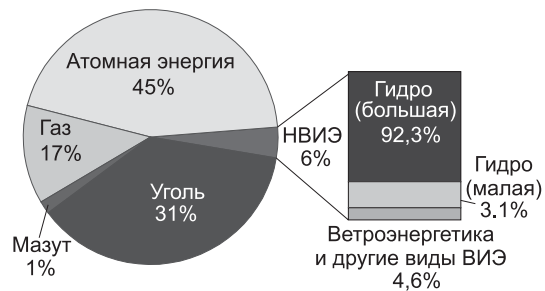
Доля использования разных видов топлива в мировом энергопотреблении 2000 году



Производство электроэнергии в мире в 2004 году



Доля использования разных видов топлива в Украине в 2000 году



Производство электроэнергии в Украине в 2004 году

Рис. 2. Доля использования разных видов топлива в мировом энергопотреблении и в Украине в 2004 г.

Рис. 3. Доля производства электроэнергии в мире и в Украине в 2004 г.

Общее энергопотребление за счет возобновляемых источников энергии во всем мире составляет около 14 %. В Украине этот показатель составляет около 3 %, причем как в Украине, так и в других странах эти показатели достигаются в основном за счет традиционных возобновляемых источников – большой гидроэнергетики и сжигаемой биомассы (рис. 2) [3, 4].

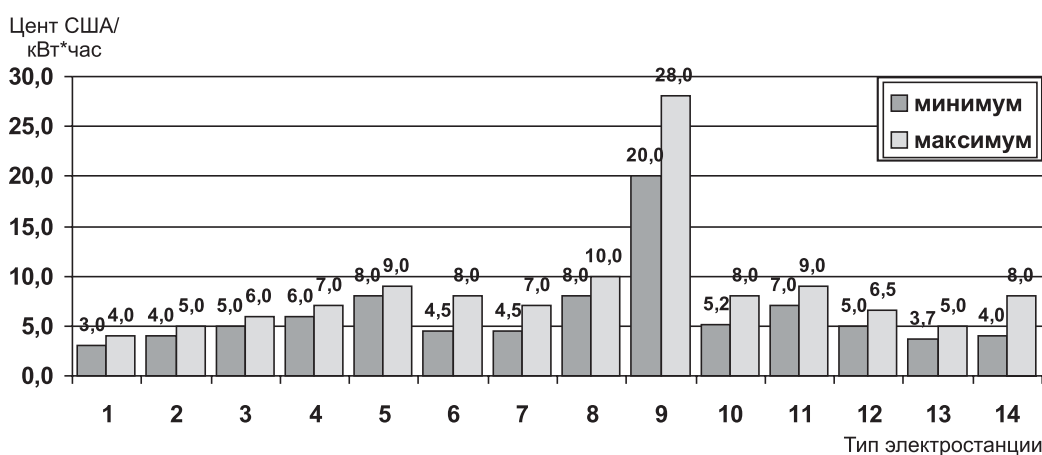
В производстве электроэнергии доля возобновляемых источников энергии в целом по миру составляет 19 %, но без крупных ГЭС – всего около 2 % (рис. 3) [3]. Однако в ряде стран за счет возобновляемых источников энергии производство электроэнергии значительно выше: в Дании – более 20 %, в Испании – 5 %, в Германии – 6 %.

Большое внимание к возобновляемым источникам энергии объясняется не только

их экологической чистотой и истощением традиционных ископаемых энергоносителей, но и экономическими аргументами в пользу возобновляемых источников.

Во всем мире стоимость электроэнергии от возобновляемых источников (кроме фотоэнергетики), выработанной на разных типах электростанций, находится в среднем на уровне стоимости энергии от традиционных электростанций (рис. 4) [5].

Как видно из рис. 4, стоимость электроэнергии, выработанной на микро- и малых гидроэлектростанциях, уже сейчас ниже стоимости электроэнергии, выработанной традиционными энергосистемами. Стоимость электроэнергии, выработанной на ветроэлектростанциях, равна стоимости электроэнергии, генерированной на газотурбинных станциях с комбинированным циклом, имеющих



1. Микро- и малые ГЭС	8. Солнечные термодинамические станции
2. ВЭС	9. Фотоэлектрические станции
3. Геотермальные станции	10. ТЭС на угле
4. ТЭС на отходах древесины	11. Экологически чистые ТЭС
5. Газификация биомассы	12. ТЭС на газе
6. Газ свалок	13. Газотурбинные станции с комбинированным циклом
7. Твердые бытовые отходы	14. Атомные станции

Рис. 4. Пределы значения удельной стоимости электроэнергии, выработанной на традиционных электростанциях и на электростанциях на основе возобновляемых источников энергии

наиболее высокие показатели эффективности среди традиционных энергосистем для выработки электроэнергии. При сравнении стоимости электроэнергии, генерированной традиционными и возобновляемыми энергосистемами, видно, что энергосистемы на основе возобновляемых источников энергии (кроме солнечных термодинамических и фотоэлектрических станций) вполне конкурентоспособны уже сейчас.

В Украине достаточно обоснованы предпосылки для масштабного освоения возобновляемых источников энергии. Сегодня общий годовой технически достижимый энергетический потенциал возобновляемых источников энергии в пересчете на условное топливо (у. т.) составляет около 63 млн т у. т., в том числе [6]:

- ветроэнергетический потенциал – 15 млн т у. т.;
- общий солнечный энергетический потенциал – 6 млн т у. т., в т. ч.:
 - солнечный электроэнергетический потенциал – 2 млн т у. т.;
 - солнечный теплоэнергетический потенциал – 4 млн т у. т.;
- биоэнергетический потенциал – 20 млн т у. т.;
- гидроэнергетический потенциал – 10 млн т у. т., в т. ч.:
 - потенциал большой гидроэнергетики – 7 млн т у. т.;
 - потенциал малой гидроэнергетики – 3 млн т у. т.;
- геотермальный энергетический потенциал – 12 млн т у. т.

Из сказанного следует, что наибольшим потенциалом обладает биомасса (для получения тепловой энергии) и ветровая энергия (для выработки электроэнергии).

Институтом возобновляемой энергетики НАН Украины проведены тщательные исследования и создан атлас энергетического по-

тенциала возобновляемых источников энергии, представляющий собой сборник картографических, табличных и текстовых материалов, систематизированных по основным направлениям внедрения возобновляемых источников энергии во всей Украине. Атлас выполнен в печатном и электронном виде.

В качестве примера практического применения атласа энергетического потенциала возобновляемых источников энергии Украины рассмотрены данные распределения энергетического потенциала возобновляемых источников энергии в Украине по областям: "общий" потенциал энергии солнечного излучения эквивалентен $89,4 \cdot 10^9$ т у. т. в год, "технически достижимый" потенциал примерно на два порядка меньше общего – $42,6 \cdot 10^7$ т у. т. и "целесообразно-экономический" потенциал примерно на четыре порядка меньше общего и эквивалентен $5,99 \cdot 10^5$ т у. т. Последний потенциал выгодно использовать уже сейчас, исходя из реальных условий Украины на данный период [7]. Украина характеризуется достаточно высокими энергетическими потенциалами ветрового потока в Карпатах, Крыму, Причерноморье и Приазовье, где среднегодовая скорость ветра на высоте 10 м составляют 5 м/сек и более, что ставит ветровую энергию на первое место среди возобновляемых источников для производства электрической энергии [7, 8].

Аналогичные расчеты проведены для гидроэнергетических потенциалов малых рек Украины и других видов возобновляемых энергоресурсов. Это – геотермальные источники; отходы животноводства, растениеводства, лесного хозяйства и деревообрабатывающей промышленности; запасы торфа, а также вторичных энергоресурсов – шахтного метана, доменных газов, потенциала избыточного давления природного газа, низкопотенциальной теплоты грунтов, грунтовых и сточных вод [7].

Таким образом, представленные выше данные позволяют сделать вывод о том, что доля использования энергетического потенциала возобновляемых источников в Украине может легко удовлетворить требованиям Европейского сообщества. Украина имеет мощный научный потенциал для решения вопросов преобразования энергии возобновляемых источников разных видов в тепловую и электрическую энергию. Он сосредоточен в основном в институтах Национальной академии наук Украины, таких, как Институт возобновляемой энергетики, Институт теплофизики, Институт электродинамики, Институт проблем машиностроения, Институт физики полупроводников и др.

Учитывая актуальность проблемы создания альтернативных видов энергии, Национальная академия наук Украины приняла решение о создании Института возобновляемой энергетики (ИВЭ) для дальнейшего развития и координации фундаментальных и прикладных исследований в этом направлении. В состав Института входит шесть научных отделов – комплексных энергосистем, солнечной энергетики, ветроэнергетики, малой гидроэнергетики, геотермальной энергетики, возобновляемых органических энергоносителей, Межотраслевой научно-технический центр ветроэнергетики, Крымский научно-технический центр энергосбережения и возобновляемой энергетики, а также вспомогательные службы.

Главной задачей Института является осуществление фундаментальных и прикладных исследований для решения проблем возобновляемой энергетики, направленных на повышение энергетической и технико-экономической эффективности систем на основе возобновляемых источников [9]. Главные из этих проблем такие:

- формирование перспективных направлений освоения энергии возобновляемых источников;

- преобразование и стабилизация параметров энергии возобновляемых источников;
- повышение эффективности и надежности процессов преобразования энергии возобновляемых источников;
- автоматизация и оптимизация режимов тепло- и электроэнергетических систем на основе возобновляемых источников энергии и их элементов;
- обеспечение информационно-измерительными системами и метрологическим оборудованием исследований в области возобновляемой энергетики;
- всестороннее содействие научно-техническому и социально-экономическому развитию общества.

По уникальности структуры, охватывающей практически все основные направления возобновляемой энергетики ИВЭ НАН Украины является единственным среди стран СНГ (подобные организации есть, например, в США, Австрии и Индии).

ИВЭ НАНУ имеет широкую географию международного сотрудничества: Академии наук Армении, Вьетнама, Китая, Узбекистана, научно-исследовательские центры возобновляемой энергетики в Германии, Дании и США, Институт электротехники в Польше, Министерство экологии в Македонии и т. д.

Необходимо отметить, что в настоящее время в Украине уже решены либо находятся в завершающей стадии многие фундаментальные проблемы возобновляемой энергетики. Среди них можно назвать следующие:

- разработаны физические и математические модели базовых рабочих процессов преобразования энергии возобновляемых источников различных видов;
- разработаны системные подходы для универсального описания процессов преобразования энергии возобновляемых источников различного физического со-

- держання в динаміці з привертанням ідей синергетики;
- виконані детальні дослідження фізических, механіческих і хіміческих свойств функціональних і конструкційних матеріалів для відновлюємих істочників енергії і т. д.

К числу нових фундаментальних наукових і науково-прикладних проблем, які необхідно вирішувати в найближчий час в області відновлюємої енергетики, відносяться наступні:

- уточнення фізики процесів перетворення енергії відновлюємих істочників і розробка моделей цих процесів при їх інтенсифікації, необхідної для подолення основного недостатка відновлюємих істочників енергії – низької густоти енергії первинного істочника;
- розробка методів оптимізації структури комплексних систем енергопостачання на основі відновлюємих істочників енергії і режимів їх функціонування, включаючи системи накопичення енергії різних видів, що необхідно для забезпечення надійності роботи систем в умовах непостійності параметрів енергії первинного істочника;
- розробка методів оцінки і прогнозування надійності і ресурса систем енергопостачання;
- розробка нових матеріалів і технологій їх виробництва.

Нижче приведені деякі загальні відомості про стан впровадження відновлюємих істочників в Україні і приклади їх практичного використання.

Особливістю розвитку відновлюємої енергетики, як і будь-якого нового напрямку, є необхідність значеских капітальних вкладень на перших етапах.

Поэтому на начальных стадиях целесообразным является применение технологий возобновляемой энергетики там, где они будут конкурентоспособными с традиционной энергетикой, например в условиях автономности.

Особенно привлекательным является возможность использования энергии от возобновляемых источников на объектах, удаленных от линий электропередач, и в труднодоступных местах для их подведения. В данном случае затраты на доставку электроэнергии могут значительно превысить затраты на установку оборудования на основе возобновляемых источников энергии.

Как пример, можно привести участие ИВЭ НАНУ в создании ветрофотоэлектрических энергосистем для энергоснабжения маяка на о. Тендровская Коса (рис. 5), проектировании ветродизельной энергосистемы на о. Змеиный, создании комплексной энергосистемы на о. Тузла, выполняемой по решению Президента Украины и Кабинета министров Украины. На реализацию проекта на о. Тузла на 2006 г. выделено 2,5 млн грн.

Нами обращено внимание на необходимость разработки систем энергоснабжения на основе возобновляемых источников энергии для таких объектов, как крупные дома отдыха, санатории, ботанические сады, заповедные зоны, которые разбросаны по большим территориям. Их энергоснабжение, с одной стороны, затруднено, а с другой – требует использования "чистых" источников энергии.

В качестве демонстрационной системы, пригодной для данных объектов, нами разработана и осуществляется научно-технический проект "Чистая энергия", в рамках которого предусмотрено экологически чистое электро- и теплоснабжение за счет энергии возобновляемых источников и создание экологически чистых транспортных средств Ботанического сада НАН Украины в г. Киеве. В рамках этого проекта впервые в Украине построена фотоэлектрическая станция мощностью 5 кВт и



Рис. 5. Комплексный узел энергообеспечения мощностью 4,5 кВт. Остров Тендровская коса



Рис. 7. Ветроэлектрическая установка Turbowinds T600-48 мощностью 600 кВт

две гелиоэнергетические установки по 5 кВт для комбинированного теплоэлектроснабжения, включая ветрофотоэлектрическую стан-

70

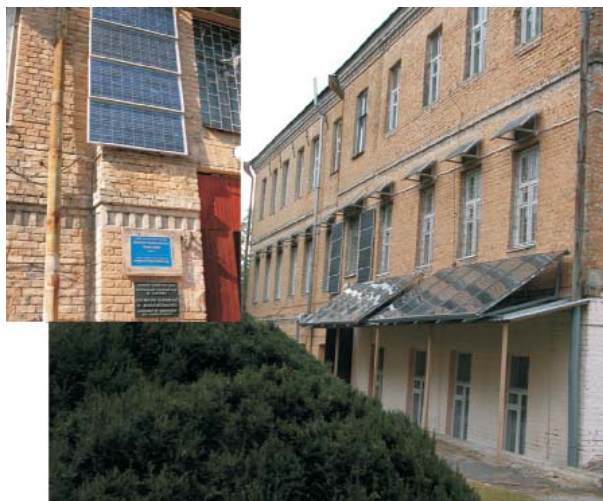


Рис. 6. Фотоэлектрический и гелиоэнергетический комплексы энергоснабжения корпуса ИВЭ НАНУ в Ботаническом саду НАН Украины, г. Киев



Рис. 9. Общий вид и некоторые характеристики Судакской ВЭС

цию (рис. 6). Их основное назначение – исследование режимов функционирования в натуральных условиях и оптимизация соотношений мощности различных возобновляемых источников и аккумуляторов энергии [9].

Надеемся, что эта разработка послужит примером для дальнейшего внедрения подобных энергосистем на всей территории Украины.

Одним из примеров такого применения является разработка ИВЭ комплексных энергосистем для объектов в г. Судак, состоящих из гелиотеплоустановок, каскада малых ГЭС и тепловых насосов. На их создание распоряжением Кабинета министров Украины выделяется 11,5 млн грн.

Наибольший успех практического применения возобновляемой энергетики достигнут в области ветроэнергетики. В Украине в настоящее время построено 6 промышленных ветроэлектрических станций (ВЭС) суммарной мощностью 70 МВт.

В настоящее время ветроэлектростанции Украины комплектуются ветроустановками мощностью 600 кВт с высокими технико-экономическими показателями (рис. 7).

Украина в настоящее время занимает лидирующее положение в области системной ветроэнергетики среди стран СНГ, включая Россию, но существенно уступает странам Западной Европы. Например, в Германии уже

введено в эксплуатацию ветроэлектростанции мощностью порядка 16 млн кВт. Общая мощность таких установок во всем мире составляет около 50 000 МВт, что по мощности сопоставимо с 50-тью Чернобыльскими блоками, а по выработке электроэнергии соответствует 15–20 таким блокам (рис. 8).

Благодаря комплексу работ, проведенных в подразделениях ИВЭ НАН Украины в процессе научно-технического сопровождения Комплексной программы строительства ветроэлектростанций в Украине, определены перспективные территории для строительства ветростанций, разработаны технико-экономические оценки строительства ветростанций, выполнено моделирование для оптимальных расстановок ветроагрегатов на площадках ветростанций, а также выполнены последующий анализ и оптимизация их работы с использованием новейших технических и информационных технологий. В рамках этой программы исследована энергетическая

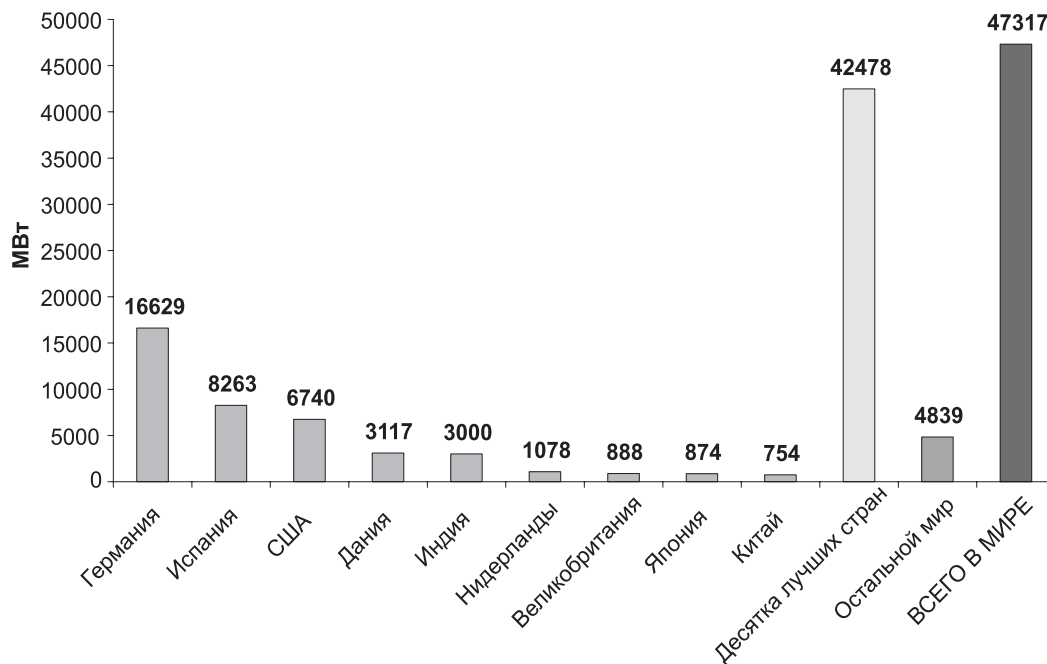


Рис. 8. Страны-лидеры в области ветроэнергетики (по состоянию на конец 2004 г.)

совместимость ветростанций в составе электросистемы, решены вопросы компенсации реактивной энергии ветростанций, снижены уровни перенапряжений оборудования ветростанций в процессе эксплуатации [10–13]. Например, при создании Судакской ветростанции учитывались расчеты и рекомендации ИВЭ. На сегодняшний день коэффициент использования установленной мощности этой ветростанции выше, чем в случае других украинских ветростанций. Внешний вид и некоторые характеристики Судакской станции, имеющей наибольший коэффициент использования энергии ветра (~ 20 %), представлены на рис. 9 (стр. 70).

В процессе выполнения работ по созданию Судакской ветростанции в Украине впервые была применена новая методика измерения скорости ветра на шестидесятиметровых мачтах на четырех уровнях. Был подписан договор ИВЭ НАНУ со шведской и австрийской фирмами и начато изучение ветропотенциала и выбора двух площадок для строительства ветроэлектростанций в Восточном Крыму в районе г. Ленино (мощностью 300 МВт) и в Западном Крыму в районе г. Черноморска (200 МВт).

В последнее время в Украине достигнут существенный прогресс в области создания объектов малой ветроэнергетики мощностью от 1 до 10 кВт [14]. С участием ИВЭ НАНУ созданы ветроустановки мирового уровня. Уже выпущено около трехсот установок, причем значительная их часть поставлена за рубеж – в Германию, Канаду, Венгрию, Польшу, Россию.

В области гелиоэнергетики в Украине введено в эксплуатацию около 20 000 м² солнечных коллекторов – в основном в Крыму для горячего водоснабжения. По этому показателю Украина существенно отстает от таких развитых стран, как Германия, Дания, Италия и Испания.

В области фотоэнергетики Украина имеет большие возможности для организации производства фотобатарей, поскольку в бывшем СССР заводы по производству полупроводникового кремния были сосредоточены в Украине. Это – завод чистых металлов в г. Светловодске и титаново-магниевого комбинат в г. Запорожье. В настоящее время на ЗАТ "Пилар" организовано крупномасштабное промышленное производство монокристаллического "солнечного" кремния, а на предприятии "Квазар" на основе применения новых технологий, разработанных в результате выполнения комплексных фундаментальных исследований в области физики полупроводниковых материалов, освоено промышленное производство фотобатарей. В нашей стране имеется ряд приборостроительных предприятий и предприятий микроэлектронного профиля для серийного выпуска фотоэлектрических преобразователей – "Квазар", "Гравитон", "Гамма", "Родон", "Днепр" и др. Высокотехнологичной наукоемкой отраслью производства является космическое фотоэнергетическое приборостроение Украины. В Институте физики полупроводников им. В. Е. Лашкарева НАН Украины (ИФП НАНУ) впервые в Украине созданы высокоэффективные кремниевые фотоэлектрические батареи для разработанного в ГКБ "Южное" космического аппарата нового поколения КС5МФ2, который был выведен на орбиту в декабре 2004 года.

Основными научными организациями в Украине, которые способны эффективно разрабатывать фотоэлектрические преобразователи, являются ИФП НАНУ, Национальный технический университет "КПИ" и государственное предприятие "Научно-исследовательский институт микроприборов", которые на протяжении многих лет занимаются разработкой конструкций фотоэлектрических преобразователей и промышленных технологий их изготовления. В частности, в ИФП

НАНУ розроблена опытно-промислова технологія виготовлення високоєфективних кремнієвих фотоелектричних преобразовачів з ефективністю свйше 18 % в умовах АМ1,5 [15]. В СКТБ з ОП ИФП НАНУ розроблені і освоєні в опытно-промисловому виробництві наземні фотоелектричні батареї БФК-0,1-9, БФК-1,1-6, БФК-2,0-3;6;9-У, БФК-4,0-4;8;16-УС (УР), БФК-9-9, БФК-50-18 з піковою віддаваною потужністю в діапазоні від 0,1 до 50 Вт [16], сонячні електростанції модульного типу СЕС-СА1-250(500) потужністю 250(500) Вт, а також мобільні автономні електросварочні комплекси з електроживленням від сонячних батарей [17]. В ИФП НАНУ створений перший в Україні Центр испытаній, отримавший аттестат акредитації від Госпотребстандарту України на право проведення вимірювань електричних і фотоенергетических параметрів фотопреобразовачів і фотоелектрических батарей наземного і космічного призначення в відповідності з заявленою областю акредитації [18].



Стоимость пробега водородного автомобиля на 100 км пути почти в 2,5 раза дешевле, чем стоимость пробега такого же автомобиля на бензине

Показатель	Автомобиль на водороде	Автомобиль на бензине
Цена топлива	1 куб.м = 0,56 грн	1 л = 4,0 грн
Расход топлива на 100 км	30 куб. м	10 л
Стоимость топлива	16,8 грн	40 грн

Рис. 10. Транспорт на водороде

Несмотря на относительно высокую стоимость, фотоелектрическое оборудование все-таки может быть конкурентоспособным для целей автономного энергоснабжения.

Благодаря разработкам ИФП НАНУ в Украине нашла широкое применение пассивная солнечная энергетика в жилищном строительстве. Все дома повышенной тепловой комфортности, возводимые корпорацией "Познякижилстрой", по современным технологиям проектируются и строятся с учетом теплового воздействия на ограждающие конструкции прямого и рассеивающего излучения.

Одним из основных направлений создания экологически чистого резерва энергии больших объемов является аккумуляция энергии возобновляемых источников в виде водорода. Проблемы, связанные с применением водорода как энергоносителя и аккумулярующей среды, решаются в рамках водородной энергетике, основанной на принципах получения водорода методом электролитического разложения воды за счет энергии, полученной от возобновляемых источников.

В Украине вопросы получения, хранения и использования водорода как энергоносителя, в т. ч. применения водорода как топлива в автотранспорте, достаточно исследованы. Национальная академия наук Украины имеет значительный научный задел в данном направлении, подтвержденный прикладным использованием. К примеру, 10-летний опыт эксплуатации действующей ветроводородной станции, построенной впервые в Европе в 1994 г. (Фольке-центр, Дания) с участием ученых нынешнего ИВЭ НАН Украины (рис. 10) подтвердил эффективность ее использования [1].

По вопросам подготовки квалифицированных специалистов в области возобновляемой энергетики ведущей является кафедра возобновляемой энергетики Национального технического университета Украины "КПИ", основным направлением исследований которой является проблема комплексного использова-

Таблиця 1. Установленні потужності (в МВт) обладнання на основі возобновляемих джерел енергії в Україні до 2030 г.

№ пор.	Направлення освоєння ВИЕ	Уровень развития ВИЭ по годам						
		2001	2005	2010	2015	2020	2025	2030
1.	Ветроэнергетика	38,4	80	750	3 490	5 440	8090	11290
2.	Солнечная энергетика	13,17	15	162,5	415,5	882,5	1460	2175
3.	Малая гидроэнергетика	99	107	136	373	703	950	1040
4.	Биоэнергетика	8,2	50	600	2 100	4100	6500	9100
5.	Геотермальная энергетика	9,9	10,9	217	885	1710	4340	6560
Общая мощность		168,67	262,9	1 865,5	7 263,5	12 835,5	21340	30165

Таблиця 2. Общие объемы экономии (в тыс. т у. т./год) топливно-энергетических ресурсов (ТЭР) за счет энергии возобновляемых источников в Украине до 2030 г.

№ пор.	Направлення освоєння ВИЕ	Уровень развития ВИЭ по годам						
		2001	2005	2010	2015	2020	2025	2030
1.	Ветроэнергетика	14,4	63	591	2 751	4 289	6 378	8 901
2.	Солнечная энергетика	2,44	14,6	50,5	145,1	328,0	590,96	927,6
3.	Малая гидроэнергетика	122	125	149	414	772	1 035	1 135
4.	Биоэнергетика	10,1	32,2	390	1 090	2 132	3 380	4 732
5.	Геотермальная энергетика	6,1	6,7	113,54	442 ,08	847,36	2 056,82	3 217,34
Общие объемы экономии ТЭР		155,04	241,5	1 294,04	4 842,18	8 368,36	13 440,78	18 912,94

ния возобновляемых источников энергии. Ядро профессорско-преподавательского коллектива кафедры составляют сотрудники ИВЭ НАН Украины. При активном участии и поддержке Института на кафедре создана современная лабораторно-экспериментальная база [19].

Невзирая на существующие экономические трудности, Украина в настоящее время по уровню освоения энергии возобновляемых источников вышла на первое место среди стран СНГ. Благодаря существующей научной, образовательной и промышленной базам в Украине имеются все основания для оптимистичных прогнозов последующего развития возобновляемой энергетики.

Прогнозируемые показатели развития возобновляемой энергетики до 2030 г. по ос-

новным направлениям освоения энергии возобновляемых источников представлены в табл. 1 и 2 [6].

Для достижения таких показателей необходимо проводить формирование национальной энергетической политики посредством создания законодательно-правовой и нормативно-технической базы возобновляемой энергетики, в т. ч. создания системы ее стимулирования. С участием сотрудников ИВЭ в Украине проведена гармонизация 9-и международных стандартов и разработано 46 Государственных стандартов [19–21].

Верховной Радой разработан и прошел все необходимые процедуры для утверждения в первом чтении "Закон о "зеленом" тарифе на электроэнергию возобновляемых ис-

точников энергии". Этот Закон будет стимулировать развитие возобновляемой энергетики в Украине.

В результате выполнения всех намеченных задач будет достигнуто увеличение объемов использования возобновляемых источников энергии в энергобалансе Украины, что позволит укрепить энергетическую независимость нашего государства.

ЛИТЕРАТУРА

1. **Мхитарян Н. М.** Энергетика нетрадиционных и возобновляемых источников. – К.: Наук. думка, 1999. – 314 с.
2. **Асланян Г. С., Молодцов С. Д.** Финансовые аспекты использования нетрадиционных источников энергии // Теплоэнергетика. – 2001. – № 2. – С. 34–39.
3. **Конеченков А.** Відновлювані джерела енергії. // Зелена енергетика. – 2003. – № 1 (9). – С. 4–5.
4. **Конеченков А. Є., Пирогов В. В.** Відновлювана енергетика світу // Зелена енергетика. – 2005. – № 1 (17). – С. 4–5.
5. **Безруких П. П.** Экономика и возможные масштабы развития нетрадиционных возобновляемых источников энергии // Открытый семинар "Экономические проблемы энергетического комплекса". – М.: 2002. – 77 с.
6. **Кудря С. О. та ін.** Науково-технічний звіт "Напрями та рівні розвитку і використання нетрадиційних, відновлюваних та позабалансових джерел енергії (Енергетична стратегія України до 2030 року та подальшу перспективу)". № 0103U005475. – К.: 2003. – 24 с.
7. Атлас энергетического потенциалу відновлюваних та нетрадиційних джерел енергії. – К.: Инст. возобновляемой энергетики НАНУ. – 2005. – 44 с.
8. **Рамазанова З. У., Скульский К. А., Тучинский Б. Г.** Методика и результаты долгосрочного прогнозирования ветрового энергетического потенциала территорий Крыма // Проблемы загаліної енергетики. – 2005. – № 2. – С. 40–43.
9. **Мхитарян Н. М.** Результаты деятельности Института возобновляемой энергетики НАН Украины в 2004–2005 годах // Материалы VI Міжнародної конференції "Відновлювана енергетика XXI століття". – Крым. – 2005. – С. 10–12.
10. **Рамазанова З. У., Скульский К. А., Тучинский Б. Г.** Анализ информативности для ветроэнергетических расчётов размещения в Крыму источников долгосрочных данных о характеристиках ветра // Відновлювана енергетика. – 2005. – № 2. – С. 40–44.
11. **Тучинський Б. Г.** Математичне моделювання виробітку електроенергії вітровою електричною установкою за даними електронної реєстрації швидкості вітру // Відновлювана енергетика. – 2005. – № 3 (в печати).
12. **Шевченко Ю. В.** Энергетика рухомих роторів // Материалы VI Міжнародної конференції "Відновлювана енергетика XXI століття". – Крым. – 2005. – С. 136–138.
13. **Дресвянников В. Г., Курзенков Ю. Д., Чечуга Ю. Н.** Влияние ландшафта на характеристики ветровых потоков. Спектральный метод анализа. // Там само. – С. 94–98.
14. **Шихайлов М. О., Фаворський Ю. П.** Особливості конструкцій і використання вітроенергетичних установок малої потужності // Відновлювана енергетика. – 2005. – № 1. – С. 55–59.
15. **Горбань А. П., Костылев В. П., Саченко А. В., Серба А. А., Черненко В. В.** Разработка физико-технических основ создания высокоэффективных кремниевых фотопреобразователей и солнечных батарей космического и наземного применения // Авиационно-космическая техника и технология. – 1999. – Вып. 8. – С. 83–87.
16. **Макаров А. В.** Нові розробки в напівпровідниковій сонячній енергетиці як перспективна область інноваційного бізнесу // Наука та інновації. – 2005. – Т. 1. – № 6. – С. 69–79.
17. **Патон Б. Е., Коротынский А. Е., Колесник Г. Ф., Литовченко В. Г., Макаров А. В.** Методы построения устройств для гелиосварки // Автоматическая сварка. – 2001. – № 12. – С. 53–57.
18. **Горбань А. П., Костильов В. П., Черненко В. В., Дверніков Б. Ф.** Метрологічні аспекти випробувань фотоелектричних перетворювачів сонячної енергії // Материалы II міжнародної науково-практичної конференції "Метрологічне забезпечення фізико-хімічних та оптико-фізичних вимірювань". – Київ. – 2005. – С. 31–33.
19. **Кудря С. О., Яценко Л. В.** Відновлювана енергетика України: наука, освіта, законодавчо-правова та виробнича база // Материалы VI Міжнародної конференції "Відновлювана енергетика XXI століття". – Крым. – 2005. – С. 81–85.
20. **Резцов В. Ф., Суржик Т. В., Яценко Л. В., Стоянова І. І., Пушкарюк К. С.** Гармонізація в Україні міжнародних стандартів серії ISO 9806 щодо методів випробування сонячних колекторів // Там само. – С. 60–61.
21. **Резцов В. Ф., Суржик Т. В., Яценко Л. В., Стоянова І. І., Пушкарюк К. С.** Гармонізація в Україні міжнародних стандартів серії ISO 9459 щодо методів випробування водогрійних побутових систем. Материалы VI Міжнародної конференції "Відновлювана енергетика XXI століття" // Там само. – 2005. – С. 62–65.