Для заказа доставки данной работы воспользуйтесь поиском на сайте по ссылке: <http://www.mydisser.com/search.html>

Харківський національний університет імені В.Н. Каразіна

Величко Сергій Анатолійович

УДК 911.9:504.062.2(477):620.91:[551.521.1+551.55]

**ПРИРОДНО-РЕСУРСНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ГІБРИДНИХ**

**ГЕЛІО-ВІТРОЕНЕРГЕТИЧНИХ СИСТЕМ**

**(В МЕЖАХ РІВНИННОЇ ТЕРИТОРІЇ УКРАЇНИ)**

11.00.11 – конструктивна географія та раціональне використання

природних ресурсів

Автореферат дисертації на здобуття наукового ступеня

кандидата географічних наук

Харків – 2006

Дисертацією є рукопис

Робота виконана на кафедрі географічного моніторингу та охорони природи Харківського національного університету імені В.Н.Каразіна

**Науковий керівник**: доктор технічних наук, професор

**Черваньов Ігор Григорович**,

Харківський національний університет

імені В.Н.Каразіна, завідувач кафедри географічного моніторингу та охорони природи

**Офіційні опоненти**: доктор географічних наук, професор

**Боков Володимир Олександрович**,

Таврійський національний університет імені В.І.Вернадського,

завідувач кафедри геоекології

доктор географічних наук, професор

**Кузін Олександр Костянтинович,**

Український науково-дослідний інститут екологічних проблем, заступник директора з наукової роботи

**Провідна установа:** Львівський національний університет імені Івана Франка, Міністерство освіти і науки України

Захист відбудеться 15 грудня 2006 р. о 13 годині на засіданні спеціалізованої вченої ради Д 64.051.04 у Харківському національному університеті імені В.Н. Каразіна за адресою: 61077, м. Харків, пл. Свободи, 4, ауд. II-49.

З дисертацією можна ознайомитись у Центральній науковій бібліотеці Харківського національного університету імені В.Н. Каразіна за адресою: 61077, м. Харків, пл. Свободи, 4 (ЦНБ).

Автореферат розісланий 13 листопада 2006 р.

Вчений секретар

спеціалізованої вченої ради,

кандидат географічних наук, доцент Жемеров О.О.

**ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ**

**Актуальність теми**. Україною у відповідності з Енергетичною програмою до 2030 р. взято курс на розвиток альтернативної енергетики. Прийнято Закон України „Про альтернативні джерела енергії”; розроблено Програму державної підтримки розвитку нетрадиційних та відновлюваних джерел енергії й малої гідро- і теплоенергетики (1997), прийнято Комплексну програму будівництва вітрових електростанцій. Для розвитку альтернативної енергетики потрібна оцінка та аналіз природних ресурсів останньої.

Найбільший потенціал серед альтернативних джерел енергії в Україні мають сонячна та вітрова енергія. Ресурси для вітро- та геліоенергетики характеризуються значною мінливістю протягом різних періодів часу, зокрема року та доби. Оскільки їхня динаміка визначається різними чинниками, їх ритми мінливості не співпадають, і ресурси можуть розглядатися як взаємодоповнюючі, завдяки чому зростає стабільність енерговиробітку, отже, надійність такої енергетики. Такий підхід лежить в основі створення гібридних геліо-вітроенергетичних систем (ГГВЕС). Апріорі стає зрозумілим, що енергетичний ресурс для ГГВЕС має відрізнятись від суми геліо- та вітроенергетичних ресурсів. Виходячи з цього, автор розглянув потенціал забезпечення енергоресурсами гібридних геліо-вітроенергетичних систем, що становить предмет захисту й водночас є основною методологічною відміною дисертаційного дослідження від попередніх.

Відновлювані ресурси альтернативної енергетики мають географічну природу. Крім метеорологічного чинника, вони залежать від географічного положення кожної окремої території. Суттєву роль відіграють зональні чинники, також висота, характер підстелюючої поверхні, тип та структура рослинного покриву тощо. Тобто з географічної точки зору умови розподілу і можливості використання таких джерел енергії визначаються мезогеографічними та місцевими умовами. Цим мотивується чільне місце географічних досліджень у визначенні енергетичних ресурсів геліо- та вітроенергетики, а вивчення, інвентаризація, оцінювання відновлюваних ресурсів і потенціалу альтернативної енергетики є типовою конструктивно-географічною задачею. За фізико-географічну основу просторово-часового аналізу ресурсів обрано схему фізико-географічного районування України (Маринич О.М., Шищенко П.Г. 2003).

**Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами**. Робота виконана в рамках міжнародного проекту Темпус-Тасіс CD-JEP 21242-2000/Ukr «Освітні ініціативи з розвитку екологічно безпечної енергетики (International TEMPUS-TACIS Project CD\_JEP 21242-2000/Ukr “Education development in environmentally safe energetics”). Автор протягом усього періоду виконання проекту (2001-2004 рр.) брав у ньому участь спочатку у якості магістранта, а потім аспіранта. Його власна частка роботи систематично входила до щорічних наукових звітів, доповідалась безпосередньо автором на робочих нарадах міжнародного консорціуму проекту в Україні (2002, 2003, 2004), Великій Британії (2002), Франції (2003).

Результати роботи також було використано при виконанні регіональної позабюджетної програми з оцінки природно-ресурсного потенціалу Харківської області, а саме оцінки ресурсів атмосферного повітря, і включені до проекту [Звіт про НДР «Продовження розробки програми раціонального використання та відтворення природних ресурсів Харківської області на період 2001-2010 роки» № держреєстрації 01030005739 Харків, 2003 – 333с.].

За результатами роботи автором складено та видано навчально-методичний посібник для магістрантів «Енергетика навколишнього середовища України (з електронними картами)» (2003), що використовується при підготовці магістрантів спеціалізації «Менеджмент регіонального розвитку альтернативної енергетики» в Харківському національному університеті та для навчання екологів за спеціалізацією „Екоенергетика” в Таврійському національному університеті протягом 2003-2006 рр..

**Мета і завдання дослідження.** *Метою* роботи є визначення дійсних геліоенергетичних та вітроенергетичних ресурсів для їх комплексного використання у гібридних геліо-вітроенергетичних системах на рівнинній території України.

Для досягнення поставленої мети необхідним було вирішити наступні *завдання*:

* запровадити поняття дійсних геліоенергетичних та вітроенергетичних ресурсів як методологічної основи дослідження;
* запровадити методики визначення геліоенергетичних та вітроенергетичних ресурсів для ГГВЕС та провести оцінку їх просторово-часового розподілу за рівнинною територією країни;
* експериментально на тестовому об’єкті проаналізувати часову динаміку геліо- та вітроенергетичних ресурсів, узятих спільно, та оцінити доцільність їх комплексного використання (для умов м. Харкова);
* подати рекомендації щодо оптимізації комплексного використання геліо- та вітроенергетичних ресурсів у ГГВЕС на рівнинній території України.

**На захист виносяться:**

Доказ доцільності комплексного використання геліо- та вітроенергетичних ресурсів як цілісного відновлюваного джерела альтернативної енергетики, диференційованого за територією України (на рівні фізико-географічних областей).

Результати аналітичного узагальнення та спільного розгляду просторово-часового розподілу дійсних геліо- та вітроенергетичних ресурсів за територією України, вплив на цей розподіл фізико-географічних умов.

Моделі оптимізації комплексного використання геліо- та вітроенергетичних ресурсів для забезпечення енергією гібридних геліо-вітроенергетичних систем.

**Об’єктом дослідження** є геліо- та вітроенергетичні ресурси рівнинної території України. **Предметом дослідження** є просторово-часовий розподіл дійсних геліо- та вітроенергетичних ресурсів рівнинної території України у якості комплексного джерела альтернативної енергетики.

**Методи дослідження.** Дисертаційне дослідження базується на модельному підході в конструктивній географії. Методом стаціонарних спостережень було зібрано первинну інформацію та створено базу даних функціонування гібридної геліо-вітроенергетичної системи ХНУ. Шляхом обробки вторинної інформації створено базу даних та картографічно відображено вихідні кліматичні показники, що визначають геліоенергетичні та вітроенергетичні ресурси в межах рівнинної території України, уперше запроваджено методику їх спряженого просторово-часового аналізу та оцінки математико-статистичним методом та побудовано відповідні статистичні поверхні з використанням сучасних методів геоінформаційного картографування (з використанням програм MapInfo 7.0, Surfer 8, ArcGIS 9.1, а також графічного редактора CorelDraw 11) – усього близько 70 картосхем. Методом балансового моделювання обґрунтовано й розраховано для кожної фізико-географічної області найбільш стійке природно-ресурсне забезпечення гібридних геліо-вітроенергетичних систем, а методом математичного моделювання визначено оптимальні (з точки зору наявних природних ресурсів) співвідношення встановлених потужностей сонячних батарей та вітрових установок для гібридних систем.

**Вихідними матеріалами** для проведення дослідження є зібрана протягом повного року інформація моніторингу функціонування ГГВЕС ХНУ, що спостерігалась одночасно з відповідними стандартними спостереженнями метеоелементів, що впливають на її роботу. Моніторинг здійснювався безперервно протягом року (приблизно 6 млн. одиниць спостережень). Інформація збирались автоматизованим способом за допомогою створеної автором комп’ютерної програми (прикладного модулю Microsoft Excel). Для порівняння та узагальнення результатів використано дані кліматичних багаторічних стандартних спостережень метеорологічних станцій і постів території України та окремо – спостереження метеостанції м. Харкова.

**Наукова новизна одержаних результатів:**

1. Визначено, охарактеризовано у просторово-часовому відношенні для території України новий для конструктивної географії вид ресурсів – дійсних геліо-вітроенергетичних ресурсів у якості комплексного джерела альтернативної енергетики.
2. Уточнено структуру понять, що визначають ці ресурси, зокрема відокремлено поняття загального ресурсу альтернативної енергетики, дійсного енергетичного ресурсу, комплексного геліо-вітроенергетичного ресурсу.
3. Здійснено систематичні тестові спостереження за ефективністю комплексного використання геліо-вітроенергетичного ресурсу ГГВЕС Лабораторії альтернативної енергетики і комп’ютерних технологій кафедри географічного моніторингу і охорони природи Харківського національного університету та запроваджено адекватний спосіб обробки й узагальнення відповідної інформації.
4. Здійснено комплексний аналіз геліо-вітроенергетичних ресурсів по місяцях року для території України.
5. Розроблено кількісні моделі оптимальних співвідношень геліо- та вітроенергетичних ресурсів для кожної з фізико-географічних областей України з метою їх спільного раціонального використання.

**Практичне значення одержаних результатів.** Для території України (на рівні фізико-географічних областей) складено базу даних і картографовано дійсні енергетичні ресурси – розраховано теоретично можливий виробіток енергії по місяцях конкретними типами геліоенергетичних і вітроенергетичних установок. Для природних умов м. Харкова за період 1999-2005 рр. складено базу даних щодобового розрахункового виробітку енергії вітроенергетичною установкою та сонячними батареями.

Ці результати роботи є вихідними для обґрунтування використання та встановлення ГГВЕС на території України. Картосхеми розподілу геліо- та вітроенергетичних ресурсів можна використовувати для оцінювання перспектив регіонів України щодо розвитку гібридної геліо-вітроенергетики.

Наукові дослідження автора покладені в основу навчально-методичного посібника «Енергетика навколишнього середовища України (з електронними картами)» (2003).

**Особистий внесок** автора полягає у розробці нових понять ресурсознавства стосовно ресурсів альтернативної енергетики та положень комплексного використання геліо-вітроенергетичних ресурсів у різноманітних фізико-географічних умовах території України. Автором самостійно налагоджено й здійснено експериментальні спостереження, розроблено алгоритми та комп’ютерні програми обчислення, узагальнення й оптимізації спільного використання геліо- та вітроенергетичних ресурсів України, виконано необхідні розрахунки, побудовано відповідні цифрові моделі й комп’ютерні карти та зроблено їх аналіз. Всі основні положення, викладені у дисертації, сформульовані автором самостійно.

**Апробація результатів дисертації.** Результати дослідження представлялись та обговорювались на міжнародному, національному й місцевому рівнях, зокрема, на: Міській студентській науковій конференції “Суспільство на шляху перетворень: конфлікти та перспективи на межі тисячоліть” (Харків, 1999); VII Міжнародній студентській конференції “Економіка для екології” (Суми, 2000); Міжнародній науково-практичній конференції “Сучасні проблеми гуманізації та гармонізації управління” (Харків, 2001); Міській науковій конференції “Актуальні проблеми сучасної науки в дослідженнях молодих вчених Харкова” (Харків, 2001); Першій міжнародній науковій конференції “Інвайронментальні виклики у процесі розширення Європейського Союзу на Схід” (Ополє, Польща, 2001); Всеукраїнській студентській конференції “Екологічна наука: перспективи розвитку” (Київ, 2001); Першій обласній конференції молодих науковців “Тобі, Харківщино, – пошук молодих” (Харків, 2002); Молодіжній науковій конференції „Навколишнє середовище – XXI” (Дніпропетровськ, 2002); Всеукраїнській конференції молодих вчених „Актуальні питання сучасного природознавства – 2003” (Сімферополь, квітень 2003); Міжнародній науковій конференції „Інтегровані технології та енергозбереження - 2003” (Алушта, 2003); Міжнародній конференції „Сучасні проблеми та тенденції розвитку географічної науки” (Львів, 2004); Міжнародній науково-практичній конференції “Сучасні проблеми гуманізації та гармонізації управління” (Харків, 2004); Міжнародній науковій конференції „Інтегровані технології та енергозбереження - 2004” (Алушта, 2004); IV Міжнародній науковій конференції аспірантів та студентів „Охорона навколишнього середовища та раціональне використання природних ресурсів”, (Донецьк, 2005); Всеукраїнській науковій конференції «Декада ландшафтознавчих, регіональних та краєзнавчих досліджень на зламі тисячоліть» (Канів, 2005).

Результати дослідження також доповідались автором на робочих нарадах міжнародного консорціуму проекту Темпус-Тасіс в Україні (2002, 2003, 2004), Великій Британії (м. Манчестер, 2002), Франції (м. Ренн, 2003).

**Публікації**. За темою дисертації опубліковано 12 робіт, з них 4 статті у фахових виданнях, 1 навчально-методичний посібник.

**Структура і обсяг роботи.** Дисертаційна робота складається зі вступу, 5 розділів, висновків, списку використаних джерел, що включає 154 найменування (у тому числі 30 – зарубіжних авторів), 6 додатків. Загальний обсяг роботи становить 296 сторінок, з них 111 сторінок основного тексту, 40 рисунків у основному тексті та 201 – у додатках (з них 83 комп’ютерні цифрові карти), 15 таблиць, 20 формул.

**ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ**

**Стан досліджень геліо- та вітроенергетичних ресурсів.** Розглянуто історію та сучасний стан питань аналізу та оцінки геліо- та вітроенергетичних ресурсів. Виділено та проаналізовано основні типи робіт стосовно природних ресурсів відновлюваної енергетики. Автором використано наукові здобутки стосовно природних ресурсів для розвитку альтернативної енергетики (Волеваха М.М., Гойса М.І., 1967; Волеваха Н.М., Волеваха В.О., 1988; Васильєв Ю.С. , Хрисанов М.І., 1991; Дикий М.О., 1993; Кудря С.О., 2001; Шевчук В.Я. та ін., 2002; Боков В.О., Черваньов І.Г., 2004; Кузін О.К. та ін., 2004; Мазінов А.С., 2004), що містять загальну та спеціальну характеристику відновлюваних джерел енергії, методи їх використання та оцінки.

Оцінка та аналіз геліоенергетичних ресурсів території безпосередньо базуються на дослідженнях сонячної радіації, які на території України велись у напрямку деталізації аналізу просторово-часового розподілу показників сумарної, прямої та розсіяної радіації як за допомогою безпосередніх актинометричних спостережень, так і через виявлення факторів, що впливають на їх розподіл, а також встановлення зв’язків між ними та відповідними показниками сонячної радіації ( Гойса М.І., 1960; Прох Л.З., 1959; М.М. Волеваха, Гойса М.І., 1967; Гойса М.І., Дубина В.М., 1971; Дмитренко Л.В., 1991).

Вітроенергетичні ресурси значною мірою виходять із досліджень вітрового режиму території. Характеристику вітрового режиму країни представлено у роботах з Клімату України (Клімат України, 2003, Климат Украины, 1967, Природа Украинской ССР, 1984), на регіональному рівні характеризувались швидкості вітру над Чорним морем (Земляков В.М., 1965), на локальному – на рівні міст (Прох Л.З., Прохоренко В.М., 1982; Почапинський А.І., 1984) та інших роботах.

За вихідну методологічну тезу роботи автором узято положення про те, що геліо- та вітроенергетичні ресурси мають комплексну географічну природу. Тобто, на енергетичні характеристики останніх впливають не тільки метеорологічні показники, але й властивості підстильної поверхні. У дисертації обґрунтовано висновок, що доцільно проводити картографування та аналіз геліо- та вітроенергетичних ресурсів на рівні фізико-географічних областей, що робить його більш об’єктивним.

Уточнено й доповнено систему понять щодо геліоенергетичних та вітроенергетичних ресурсів. **Геліоенергетичні ресурси (ГЕР)** було визначено як природні енергоресурси, що являють собою закономірно-стохастичний процес надходження первинної енергії Сонця (енергії інсоляції), яка використовується або може бути використана для задоволення енергетичних потреб. **Вітроенергетичні ресурси (ВЕР)** визначено як природні енергоресурси, що являють собою закономірно-стохастичний процес руху повітря в певних умовах підстильної поверхні, який використовується або може бути використаний для задоволення енергетичних потреб господарства.

Як видове цього поняття було виділено поняття **дійсного геліоенергетичного ресурсу** (та відповідно – **дійсного вітроенергетичного ресурсу**) як такого, що являє собою теоретично можливу суму виробітку енергії сонячними батареями (вітроенергетичними установками) заданої встановленої потужності за різні періоди часу.

ГЕР та ВЕР доцільно використовувати сумісно у гібридних системах альтернативної енергетики. Саме доцільність їх комплексного використання досліджується у роботі, тому потрібно також запровадити поняття **комплексного геліо-вітроенергетичного ресурсу**. **(КГВЕР)**. Необхідність запровадження такого поняття також спричинена тим, що спільне використання декількох ресурсів створює певний ефект емерджентності, тобто сума двох (чи більше) ресурсів, узятих кожний окремо, інша, аніж ефект від їх спільного використання в єдиній енергоустановці – гібридній системі. Цей ефект проявляється в тому, що динаміка комплексного енергоресурсу буде іншою від динамік ГЕР та ВЕР протягом різних періодів часу. Відповідно до попереднього, д**ійсні комплексні геліо-вітроенергетичний ресурси** визначаємо, як теоретично можливу суму виробітку енергії гібридною системою, що складається з сонячних батарей та вітроенергетичних установок заданої встановленої потужності за різні періоди часу (добу, місяць, рік).

**Геліоенергетичні ресурси України.** В роботі представлена оцінка геліоенергетичних ресурсів для прямого отримання електричної енергії за допомогою сонячних батарей. Наведено методику оцінки дійсних геліоенергетичних ресурсів, за якою автором було складено комп’ютерну програму розрахунку виробітку енергії фотоелектричними системами будь-якої орієнтації та нахилу. Користуючись цією методикою та програмою, за показниками прямої та розсіяної радіації у точках актинометричних спостережень було розраховано дійсні геліоенергетичні ресурси. Користуючись методом обчислення сонячної радіації за допомогою показника тривалості сонячного сяйва, обґрунтованого у роботах М.І. Гойси [1959, 1967], було розраховано залежності між місячними та річними показниками тривалості сонячного сяйва та дійсними геліоенергетичними ресурсами у точках актинометричних спостережень, далі на основі цих залежностей було обчислено дійсні геліоенергетичні ресурси для станцій, де здійснюються спостереження за геліографом. За отриманими значеннями шляхом нелінійної інтерполяції побудовано статистичні поверхні розподілу дійсних ГЕР за рівнинною територією України.

Для проведення географічного аналізу просторово-часового розподілу дійсних ГЕР на основі вищевказаних поверхонь було розраховано місячні та річні значення ресурсів за фізико-географічними областями країни та складено відповідну карту спираючись на схему фізико-географічного районування України (Маринич О.М., Шищенко П.Г., 2003), де фізико-географічна область є азональною фізико-географічною одиницею зручною для просторової диференціації, вітро та геліоенергетичних ресурсів узятих разом, щоб можна було порівняти їх розподіл.

Просторовий розподіл дійсних ГЕР за територією України збільшується від 80 кВт\*год/рік у Поліссі до 100 кВт\*год/рік у Кримському степовому краї. Взагалі для геліоенергетичних ресурсів характерним є широтний хід, проте спостерігаються деякі його порушення, що спричинені переважно особливостями прозорості атмосфери, зокрема хмарності. Тому річний хід дійсних ГЕР взагалі нагадує річний хід сумарної радіації, проте існують деякі відмінності: менша мінливість надходження радіації по сезонах року порівняно з надходженням радіації на горизонтальну поверхню, яка виражається у понижених значеннях літніх максимумів та підвищених - зимових мінімумів; менші контрасти у широтному розподілі порівняно з актинометричними спостереженнями, зокрема, значне порушення широтного розподілу досліджуваних показників через збільшення впливу на нього атмосферних факторів.

Аналіз динаміки геліоенергетичних ресурсів показує, що останні змінюються протягом року від 2 кВт\*год у грудні до 12 кВт\*год у липні на 1 м2 приймаючої поверхні. Автором складено модель просторово-часового розподілу ГЕР по території України протягом року і складено відповідні картодіаграми – часові зрізи, що свідчать про суттєві просторово-часові розбіжності у кількісному розподілі цього ресурсу у межах території України.

**Вітроенергетичні ресурси України.** Для проведення географічного аналізу (аналогічно до геліоенергетичних ресурсів) просторово-часового розподілу дійсних ВЕР було розраховано місячні та річні значення цієї величини за фізико-географічними областями країни та складено відповідну карту. За райони, в межах яких розподіл ВЕР буде в потрібній мірі однорідним на мезорегіональному рівні, обрано фізико-географічні області, через те, що останні з одного боку характеризують однорідні риси підстильної поверхні (рослинність, гіпсометрична будова тощо), а з іншого боку за ними можна наглядно відобразити просторові зміни досліджуваної величини в межах рівнинної території України.

Для аналізу впливу чинників фізико-географічного характеру на кількісні характеристики вітроенергетичних ресурсів за розподілом останніх методом кластерного аналізу було проведено типологію фізико-географічних областей України. Було використано наступні показники: баричний градієнт, інтенсивність циклонічної діяльності, турбулентний обмін, лісистість, середня абсолютна висота, глибина розчленування рельєфу. Значення цих показників було узято та розраховано для кожної фізико-географічної області за допомогою атласу Природних умов і природних ресурсів України (1978).

Просторовий розподіл річних дійсних вітроенергетичних ресурсів складає від 800 на північному заході до 2000 кВт\*год/рік на північному сході країни. Для місячних дійсних вітроенергетичних ресурсів характерні також значні амплітуди: від 80 до 350 кВт\*год відповідно у липні-серпні та грудні-січні.

Для уявлення про можливість застосування картосхем дійсних вітроенергетичних ресурсів було проведено порівняння розрахункових даних з даними практичного виробітку енергії. Як приклад розрахунку було використано дані про фактичний виробіток енергії конкретною ВЕУ у порівнянні з дійсним вітроенергетичним ресурсом обчисленим за кліматичними даними. Були взяті дані виробітку енергії вітроенергетичної установки ВЕУ-075, що встановлена на березі р. Дніпро біля м. Київ. Останні були порівняні з теоретичними даними, розрахованими за даними спостережень ближчої метеорологічної станції, та показали порівнянність результатів в межах мінливості ресурсу в залежності від локальних ефектів та змін місячних сум протягом різних років.

Розрахунок дійсних вітроенергетичних ресурсів у роботі проводився для конкретного типу вітроустановок ВЕУ-075. Для ВЕУ-075 розрахункова швидкість складає 7,5 м/с, розрахункова потужність – 750 Вт. Вихідні дані по швидкостях вітру спочатку було приведено до однієї відносної висоти, що складає 11 м, за допомогою методики викладеної у роботі Зубарева В.В. та ін. (1989). Було розраховано суми виробітку енергії ВЕУ-075 за матеріалами спостережень швидкості й часового розподілу вітру метеорологічними станціями України. На основі розрахунків дійних ВЕР за метеостанціями було складено відповідні картосхеми розподілу останніх по місяцях та протягом року, що дає лише його наближену оцінку (через реальну просторово-часову мінливість показників).

**Комплексне використання геліо- та вітроенергетичних ресурсів (в умовах м. Харкова).** Для дослідження природних передумов комплексного використання сонячної та вітрової енергії в Україні автором було проаналізовано динаміку виробітку енергії сонячною та вітровою установкою, що разом з акумулюючими потужностями являють собою приклад ГГВЕС альтернативної енергетики в умовах м. Харкова. Така експериментальна система функціонує у Лабораторії комп’ютерних технологій та альтернативної енергетики Харківського національного університету ім. В.Н. Каразіна.

Для аналізу динаміки виробітку енергії сонячною та вітровою установками автором було створено комп’ютерну програму, що фіксує та зберігає значення показників функціонування гібридної системи з інтервалом 5 секунд. За допомогою цієї програми автором було зібрано та проаналізовано дані стосовно динаміки потужності сонячної та вітрової установок та швидкості вітру за період з травня 2005 р. до квітня 2006 р. включно. Дані представлено у вигляді графіків, що відображають динаміку виробітку енергії сонячною та вітровою установками, а також швидкість вітру з інтервалом осереднення їх значень у 30 секунд (рис. 1). Осереднена потужність вітроустановки за 30 с. відображається точками (нижній графік).

Рис. 1. Приклад представлення даних ГГВЕС ХНУ

На основі зібраних даних було проведено класифікацію діб за **добовими співвідношеннями геліо- та вітроенергетичних ресурсів** (ДСГВЕР). Встановлено наявність 4 типів співвідношень останніх:

**1 тип.** Доба, протягом якої геліо- та вітрові ресурси є значними. Такий тип спостерігається, у багатьох випадках, коли змінюється режим погоди. Відповідно до цього у такий день і сонячна, і вітрова установка можуть виробити достатню кількість енергії.

**2 тип.** Доба, коли значними є ГЕР, а ВЕР є мінімальним. Такому типові відповідають дні з характерною антициклонічною погодою. Тобто сонячні батареї ефективні, а ВЕУ – ні.

**3 тип.** Доба зі значними ВЕР та мінімальними ГЕР. Це дні з інтенсивною циклонічною діяльністю, періоди проходження холодних фронтів та фронтів оклюзії. Ефективні лише ВЕУ.

**4 тип.** Доба, коли ГЕР і ВЕР є одночасно мінімальними. Спостерігається, при проходженні теплих фронтів та при розвитку мікроциркуляційних процесів, особливо за інверсії температури приземного шару повітря. У такий день ні ВЕУ, ні СБ не можуть забезпечити виробіток необхідної кількості енергії.

Виділені типи розподілу добових співвідношень геліо-вітроенергетичних ресурсів мають різну повторюваність протягом кожного місяця. На рис. 2 показано розподіл типів ДСГВЕР по місяцях.

Рис.2. Повторюваність типів добових співвідношень геліо- та вітроенергетичних ресурсів по місяцях (за даними моніторингу ГГВЕС ХНУ)

Для більш повного аналізу природних передумов комплексноговикористання геліо- та вітрових енергетичних ресурсів автором було обчислено розрахункові значення добових сум виробітку енергії сонячною та вітроенергетичною установками вищезгаданих типів за період з 1999 по 2005 роки включно на основі даних спостережень за швидкістю вітру та тривалістю сонячного сяйва на метеорологічній станції м. Харкова. Останні також показують, що найбільша повторюваність притаманна дням зі значними геліо- або вітроенергетичними ресурсами, а найменша – з максимальними або мінімальними показниками одночасно геліо- та вітроенергетичних ресурсів. Отже, існує часова антисиметрія надходження сонячної та вітрової енергії, що зумовлює виникнення згаданої емерджентності комплексного ресурсу. Авторові видається очевидною доцільність у подальшому такого аналізу стосовно до кожної одиниці фізико-географічного районування території України.

**Оптимізація комплексного використання геліо-вітроенергетичних ресурсів України.** Запропоновано дві моделі оптимізації використання ГЕР та ВЕР та подано оптимальні співвідношення встановлених потужностей сонячних та вітроустановок для кожної фізико-географічної області, що дозволяють забезпечити стійке природно-ресурсне постачання для гібридних геліо-вітроенергетичних систем.

Перша оптимізаційна модель побудована за умови, що річний розрахунковий виробіток енергії сонячними батареями та вітроустановкою мають приблизно дорівнювати один одному. Проте розрахунки за нею показали, що на більшій частині території країни можна досягти кращої оптимізації, використовуючи інші вихідні умови.

Друга оптимізаційна модель базується на вимозі максимізації використаної енергії через критерій мінімуму надлишкової енергії задля максимально можливої стабілізації місячного виробітку енергії. Для кожної фізико-географічної області було розраховано надлишкову енергію (у процентах до загальної енергії, що її теоретично спроможна виробити ГГВЕС), для широкого ряду можливих співвідношень встановлених потужностей сонячних батарей до вітроустановки. За отриманими значеннями було побудовано карту (рис.3), що подає характеристики оптимального комплексного використання ГЕР та ВЕР для кожної фізико-географічної області рівнинної території України.

За величиною використаної енергії на карті виділено три рівня придатності областей для комплексного використання ГЕР та ВЕР у ГГВЕС – високим рівнем характеризуються області з максимальною мірою антисиметричності режимів ГЕР та ВЕР. У більшості випадків спостерігається компенсація у гібридній системі мінімумів і максимумів продукування енергії геліо- та вітроагрегатами, що здатне стабілізувати енерговиробництво, що є доказом емерджентності КГВЕР по відношенню до суми ГЕР і ВЕР.

Співвідношення ГЕР та ВЕР у енергозабезпеченні гібридних систем відображені на карті круговими картодіаграмами. Збільшуючи встановлені потужності сонячних батарей та вітроустановки у вказаному на карті оптимальному їх співвідношенні, можна збільшити добове споживання у необхідну кількість разів.

Для визначення можливостей використання результатів оцінки ресурсів було проведене порівняння динамік дійсних енергоресурсів у природних умовах м. Харкова для 4 типів альтернативних установок, що мають порівняльні річні суми розрахункового виробітку енергії. На рис. 4 представлено динаміку розрахованих дійсних енергоресурсів по місяцях для середніх багаторічних (на рисунку – навпроти риски КС), а також для 1999-2005 років, що обчислені за даними добових дійсних ГЕР і ВЕР для умов м. Харкова.

Рис. 3. Оптимізація комплексного використання геліо- та вітроенергетичних ресурсів України

Видно, що рис. в), г) мають більш монотонний рельєф. Мінливість місячних сум дійсних ГЕР (обчислено через коефіцієнт варіації) складає 48%, дійсних ВЕР – 27%, дійсних КГВЕР за першою оптимізаційною моделлю - 21%, за другою – 16%. Тобто, існує значне зменшення мінливості КГВЕР у порівнянні з окремо взятими ГЕР і ВЕР, що визначає КГВЕР як ресурс, що відрізняється від ГЕР та ВЕР емерджентною властивістю стабілізації динаміки асиміляції природної енергії.

Рис. 4. Динаміка розрахованих ресурсів для а) сонячних батарей; б) вітроенергетичної установки; в) гібридної системи за першою оптимізаційною моделлю; г) гібридної системи за другою оптимізаційною моделлю.

Річні суми ГЕР та ВЕР змінюються в межах 10 та 20% відповідно. Місячні суми ГЕР та ВЕР у однакові місяці різних років також значно змінюються: ГЕР – до 60% у зимові місяці, ВЕР – до 45% та майже не залежить від періодів року, КГВЕР за двома оптимізаційними моделями – 40% у зимові місяці. Водночас, це тепер вже характеризує КГВЕР як джерело більш стабільного енергопостачання не тільки протягом року, але й протягом багаторічних періодів.

Для ГЕР і ВЕР характерна антисиметрія динамік місячних сум ресурсів, проте літні максимуми ГЕР та зимові – ВЕР є зміщеними у бік весняного періоду, що спричиняє максимуми дійсних КГВЕР у цей період при мінімальній різниці зимових та літніх сум. Крім того потрібно відмітити, що для грудня місяця характерні значні коливання надходження сонячної радіації, що можуть більше ніж удвічі перевищувати середні кліматичні показники, тому мінливість дійсних ГЕР для грудня є значно більшою ніж зазначено вище.

Згідно з динамікою виробництва та споживання енергії, було розраховано максимально можливе добове споживання енергії від досліджуваних установок із забезпеченістю у 95%, тобто на протязі 1999-2005 років можливим було споживання енергії від установок приблизно протягом 347 діб кожного року. Було отримано наступні значення добового споживання енергії: для ВЕУ встановленою потужністю 1500 Вт – 5 кВт\*год; для СБ встановленою потужністю 3000 Вт – тільки 1,5 кВт\*год; для гібридної системи за першою оптимізаційною моделлю – 6,5 кВт\*год; для гібридної системи за другою оптимізаційною моделлю – 5,5 кВт\*год.

Таким чином, за допомогою оптимізаційних моделей, запропонованих автором ми можемо стабілізувати виробництво енергії на рівні місячних та добових сум виробітку електричної енергії, за рахунок оптимізації комплексного використання геліо- та вітроенергетичних ресурсів з урахуванням антисиметрії їх надходження та емерджентності КГВЕР.

**ВИСНОВКИ**

У дисертаційній роботі виконано теоретичне узагальнення та нове вирішення проблеми мінливості геліо- та вітроенергетичних ресурсів на рівнинній території України, що досягається за рахунок їх комплексного використання у гібридних геліо-вітроенергетичних системах.

Основні висновки наступні.

1. Доповнено термінологічний апарат вчення про природні ресурси альтернативної енергетики поняттями дійсних ГЕР, ВЕР а також КГВЕР. Поняття дійсних енергоресурсів визначено через суми виробітку електроенергії енергоустановкою, котрі обумовлюються наявністю та режимом надходження природного джерела енергії і означають реальну можливість її асиміляції енергоустановкою з певними технологічними параметрами.
2. Встановлено наявність надійних передумов сталого природно-ресурсного забезпечення гібридних геліо-вітроенергетичних систем на території України.
3. Запропоноване використання гібридних геліо-вітроенергетичних систем як доцільної форми комплексного використання геліо- та вітроенергетичних ресурсів. Доведено, що використання таких гібридних установок забезпечує ефект, кращий за суму ефектів геліо- та вітроресурсів, використовуваних окремо, що свідчить про емерджентність КГВЕР.
4. Здійснено моніторинг (протягом року) за роботою ГГВЕС кафедри географічного моніторингу і охорони природи ХНУ ім. В.Н. Каразіна, налагоджено автоматичну обробку результатів і створено відповідну базу даних. Шляхом математичного моделювання на основі фактичного матеріалу функціонування еталонної ГГВЕС показано, що за допомогою гібридної системи, яка складається з сонячних батарей встановленою потужністю 1050 Вт, вітроустановки ВЕУ-075 (750 Вт) та потужних акумуляторних батарей, що спроможні зберігати енергію до 18 кВт\*год, можливо забезпечити стійке щодобове енергоспоживання у 5,5 кВт\*год.
5. За фізико-географічними областями України розраховані оціночні показники дійсних геліо- та вітроенергетичних ресурсів, та засобами ГІС-технологій побудовані статистичні поверхні просторово-часового розподілу дійсних ВЕР, ГЕР та КГВЕР (80 картосхем). Оцінка та аналіз геліоенергетичних ресурсів показують незначні зміни дійсних геліоенергетичних ресурсів (для встановленої потужності 100 Вт): від 80 на у Поліссі до 100 кВт\*год/рік у Кримському степовому краї. Проте характерні значні амплітуди місячних розрахункових сум виробітку енергії: від 2 до 11 кВт\*год відповідно у грудні та липні. Оцінка та аналіз вітроенергетичних ресурсів дають значно більш мінливі значення (для встановленої потужності 750 Вт): від 800 у Поліссі до 2000 кВт\*год/рік у Кримському степовому краї. Для місячних сум виробітку енергії характерні також значні амплітуди: від 80 до 350 кВт\*год відповідно у липні-серпні та грудні-січні.
6. Здійснено оцінку мінливості дійсних ГЕР, ВЕР та КГВЕР. Річні суми ГЕР та ВЕР змінюються у межах 10 та 20% відповідно. Мінливість місячних сум ресурсів для однакових місяців різних років складає для ГЕР – 60%, ВЕР – 45% та КГВЕР – 40%. Середня мінливість місячних сум ресурсів складає для ГЕР – 48%, для ВЕР – 27%, для КГВЕР – до 21%, що показує зменшення мінливості ресурсу при комплексному використанні ГЕР та ВЕР та складає головну характеристику емерджентності КГВЕР.
7. Для кожної фізико-географічної області методом балансового моделювання обґрунтовано й розраховано найбільш стійке природно-ресурсне забезпечення гібридних геліо-вітроенергетичних систем, а методом математичного моделювання визначено оптимальні співвідношення встановлених потужностей сонячних батарей та вітроустановки для ГГВЕС.
8. Встановлена й промодельована антисиметрія динамік геліо- та вітроенергетичних ресурсів характерна в цілому для території України. Вона має просторові особливості, що спричиняють необхідність розрахунків оптимального співвідношення встановлених потужностей сонячних та вітрових установок для кожної фізико-географічної області. Розрахункові моделі показують, що таке співвідношення змінюється в межах рівнинної території країни від 0,5/1 до 2/1 відповідно встановленої потужності сонячних батарей до вітроустановки.

**СПИСОК ПРАЦЬ, ОПУБЛІКОВАНИХ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ**

1. Величко С.А. Аналіз сонячного та вітроенергетичного потенціалу України // Ученые записки ТНУ. – 2003. – Т. 16(55), №1. – С.58-63.
2. Величко С.А. Природоресурсний та природоохоронний потенціал розвитку альтернативної енергетики в Україні // Вісник ХНУ: Серія: геологія, географія, екологія. – 2003. ‑ № 584’03. – С.48-53.
3. Величко С.А. Альтернативна енергетика як відкрита система інвайронментального менеджменту // Вісник Харківського національного університету. Серія: Геологія, географія, екологія. – 2003. – №563. – С. 226-228.
4. Величко С.А. Просторово-часовий аналіз вітроенергетичних ресурсів України // Фізична географія та геоморфологія. – 2005. – №49. – С.143-150.
5. Величко С.А. Енергетика навколишнього середовища України. Навчально-методичний посібник для магістрантів. – Харків: Вид-во ХНУ, 2003. – 52 с.
6. Будьмо у злагоді з природою (За матеріалами доповіді про стан навколишнього природного середовища в Харківській області) / Варивода Є.О., Величко С.А., Гребєнщикова К.Г. та ін. Під ред. Размєтаєва С.В., Капусника І.В.- Харків: ПП Сіверька Н.В., 2003. - 94с. Автором складено та проаналізовано карти геліо- та вітроенергетичних ресурсів Харківської області.
7. Варивода А.В., Величко С.А. Яловол П.В. Ветроэнергетика в Украине // Университеты. – 2003. – №1. – С. 47-51. Автором проаналізовано історію та стан вітроенергетичної галузі у світі взагалі та в Україні окремо, також охарактеризовано вітроенергетичний потенціал території України.
8. Величко С.А. Комплексне використання геліо- та вітроенергетичних ресурсів (на приклади гібридної геліо-вітроенергетичної системи ХНУ) // Географія, екологія, геологія: перший досвід наукових досліджень: Матеріали Міжнародної наукової конференції студентів та аспірантів, присвяченої 155-річчю видатного дослідника Придніпров’я В.О. Домгера / За ред. проф. Л.I. Зеленської. – Д.: Вид-во ДНУ, 2006. – Вип.3. – С. 261-264.
9. Величко С.А. Оптимізація комплексного використання геліо- та вітроенергетичних ресурсів на території України. // Матеріали міжнародної науково-практичної конференції "Регіон-2006: стратегія оптимального розвитку" Харків: РВВ ХНУ, – 2006. – С. 58-61.
10. Величко С.А., Черваньов І.Г. Аналіз факторів просторово-часового розподілу вітроенергетичних ресурсів України. Збірка доповідей 4 міжнародної наукової конференції аспірантів та студентів „Охорона навколишнього середовища та раціональне використання природних ресурсів” том 2. Донецьк: Вид-во ДонНТУ, – 2005. – С. 202-203. Автором проаналізовано вплив природних чинників на розподіл вітроенергетичних ресурсів на території України.
11. Величко С.А., Третьяков О.С. Аналіз просторово-часового розподілу швидкостей вітру на території Харківської області як основа оцінки вітроенергетичного потенціалу // Матеріали 4-ї Міжнародної міждисциплінарної науково-практичної конференції «Сучасні проблеми гуманізації та гармонізації управління». – Харків: Вид-во ХНУ. – 2003. – С. 314-315. Автором оброблено дані метеорологічних станцій Харківської області, складено карту просторового розподілу середньорічних швидкостей вітру на території Харківської області.
12. Величко С. Альтернативна енергетика як необхідна умова сталого розвитку // Екологічна наука: перспективи розвитку. Матеріали Всеукраїнської студентської конференції. – К.: ВЕЛ. – 2002. – С. 67-69.

**Анотація**

**Величко С.А. Природно-ресурсне забезпечення гібридних геліо-вітроенергетичних систем (в межах рівнинної території України) –** Рукопис.

Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата географічних наук за спеціальністю 11.00.11 – конструктивна географія і раціональне використання природних ресурсів. – Харківський національний університет імені В.Н. Каразіна, м. Харків, 2006.

Проведено оцінку, кількісне картування та аналіз просторово-часового розподілу геліо- та вітроенергетичних ресурсів рівнинної території України для конкретних типів сонячних та вітроенергетичних установок. На прикладі природних умов м. Харкова та даних функціонування гібридної геліо-вітроенергетичної системи Харківського університету розглянуто природні передумови для спільного використання геліо- та вітроенергетичних ресурсів. Доведено, що мінливість місячних та добових сум комплексних геліо-вітроенергетичного ресурсів значно зменшується (до 50% для місячних сум).

На основі кількісної залежності використання ресурсів від встановлених потужностей відповідних енергетичних установок запропоновано дві моделі оптимізації комплексного використання геліо- та вітроенергетичних ресурсів. Розраховано оптимальні співвідношення встановлених потужностей сонячних та вітроенергетичних установок у гібридних системах для фізико-географічних областей України.

**Ключові слова:** оцінка природних ресурсів, дійсний енергоресурс,геліоенергетичний ресурс, вітроенергетичний ресурс, комплексний геліо-вітроенергетичний ресурс, гібридна система, просторово-часовий розподіл, фізико-географічна область.

**Аннотация**

**Величко С.А. Природно-ресурсное обеспечение гибридных гелио-ветроэнергетических систем (в пределах равнинной территории Украины)** – Рукопись.

Диссертация на соискание ученой степени кандидата географических наук по специальности 11.00.11 – конструктивная география и рациональное использование природных ресурсов. – Харьковский национальный университет имени В.Н. Каразина, г. Харьков, 2006.

Диссертация посвящена исследованию конструктивно-географических предпосылок комплексного использования гелио- и ветроэнергетических ресурсов Украины.

Изложены результаты исследования пространственно-временного распределения гелио- и ветроэнергетических ресурсов равнинной территории Украины. Проведены оценка, количественное картирование и анализ гелио- и ветроэнергетических ресурсов для конкретных типов солнечных и ветроэнергетических установок для годовых и месячных сумм ресурсов по физико-географическим областям Украины.

Рассчитаны оценочные показатели действительных гелио- и ветроэнергетических ресурсов и средствами ГИС построены статистические поверхности пространственно-временного распределения этих ресурсов. Оценка гелиоэнергетических ресурсов (для установленной мощности 100 Вт) показывает незначительные изменения по территории страны: от 80 на северо-западе до 100 кВт\*ч/год на юге страны. Однако характерны значительные амплитуды месячных расчетных сумм ресурсов: от 2 до 11 кВт\*ч соответственно в декабре и июле. Оценка ветроэнергетических ресурсов (для установленной мощности 750 Вт) дает более изменчивые значения: от 800 на северо-западе до 2000 кВт\*ч/год на юго-востоке страны. Для месячных сумм ресурса характерны также значительные амплитуды: от 80 до 350 кВт\*ч соответственно в июле-августе и декабре-январе. Произведена оценка изменчивости ресурсов. Последняя находится в пределах 10-20% для годовых сумм, 30 и 60% – для месячных сумм гелиоэнергетических и ветроэнергетических ресурсов соответственно.

На основе данных мониторинга (на протяжении года) работы гибридной гелио-ветроэнергетической системы (и природных показателей, влияющих на ее работу) кафедры географического мониторинга и охраны природы ХНУ, показано, что за счет совместного использования гелио- и ветроэнергетических ресурсов можно обеспечить устойчивое энергоснабжение. Установлено наличие устойчивого природно-ресурсного обеспечения гибридных гелио-ветроэнергетических систем на территории Украины.

Методом балансового моделирования обосновано и рассчитано для каждой физико-географической области наиболее устойчивое природно-ресурсное обеспечение гибридных гелио-ветроэнергетических систем, а методом математического моделирования определено оптимальные соотношения установленных мощностей солнечных батарей ветроэнергетических установок для гибридной системы. Установлена и промоделирована антисимметрия динамик гелио- и ветроэнергетических ресурсов характерная в целом для территории Украины. Она имеет пространственные особенности, которые делают необходимыми расчеты оптимального соотношения установленных мощностей солнечных и ветровых установок для каждого мезорегиона. Расчетные модели показывают, что такое соотношение изменяется в пределах равнинной территории Украины от 0,5/1 до 2/1 соответственно установленных мощностей солнечных батарей к ветроэнергетическим установкам.

**Ключевые слова:** оценка природных ресурсов, действительный энергоресурс, гелиоэнергетический ресурс, ветроэнергетический ресурс, комплексный гелио-ветроэнергетический ресурс, гибридная система, пространственно-временное распределение, , физико-географическая область.

**Summary**

**Velychko S.A. Natural resources providing for hybrid solar-wind energy systems (in the frontiers of plain territory of Ukraine) – Manuscript.**

The thesis for the degree of candidate of geographical sciences on specialty 11.00.11. – constructive geography and rational natural resources usage. – Kharkiv Karazin National University, Kharkiv, 2006.

The assessment, quantity mapping and analysis of space and time distribution of solar and wind energy resources for plain territory of Ukraine for exact types of solar and wind power installations are provided. The natural preconditions of combined usage of solar and wind energy resources is observed on the example of natural conditions of Kharkiv city and data of hybrid solar and wind energy system of Kharkiv University functioning. The decreasing of variation of month's and day’s sums of complex solar-wind energy resources is proven (50% for month’s sums).

Two models of optimization of solar and wind resources complex usage are proposed on the base of quantity dependence of the resources usage from installed capacities of corresponding power installations. Optimum ratio of installed capacities of solar and wind installations in hybrid systems is calculated for physical geography regions of Ukraine.

**Key words:** natural resources assessment, actual energy resource, solar energy resource, wind energy resource, complex solar-wind energy resource, hybrid system, space and time distribution, physical geography region.

## Для заказа доставки данной работы воспользуйтесь поиском на сайте по ссылке: <http://www.mydisser.com/search.html>