Львівський державний університет
імені Івана Франка

На правах рукопису

Сиротюк Марія Іванівна

УДК 911.3:330.15

ВІДНОВНІ ЕНЕРГЕТИЧНІ РЕСУРСИ ЗАКАРПАТСЬКОЇ ОБЛАСТІ: ОЦІНКА ПОТЕНЦІАЛУ ТА ПРОБЛЕМИ ВИКОРИСТАННЯ

Спеціальність: 11.00.11 - конструктивна географія та раціональне використання природних ресурсів

А в т о р е ф е р а т
дисертації на здобуття наукового ступеня
кандидата географічних наук

Львів - 1997

Дисертацією є рукопис.

Робота виконана на кафедрі раціонального використання природних ресурсів і охорони природи Львівського державного університету імені І.Франка.

Науковий керівник: кандидат географічних наук, доцент **С.І.Кукурудза**

Офіційні опоненти: доктор географічних наук, професор **Я.О.Мольчак**

кандидат географічних наук, доцент **Б.П.Муха**

Провідна установа: Чернівецький державний університет імені Ю.Федьковича, географічний факультет

Захист відбудеться "23" травня 1997 р. о 14 год на засіданні спеціалізованої вченої ради К.04.04.02 з географічних наук у Львівському державному університеті імені І.Франка (290000, м.Львів, вул. Дорошенка, 41).

З дисертацією можна ознайомитися у науковій бібліотеці Львівського державного університету імені І.Франка (м. Львів, вул. Драгоманова, 5).

Автореферат розіслано "22" квітня 1997 р.

Вчений секретар
спеціалізованої вченої ради,
кандидат географічних наук,
доцент **С.І.Кукурудза**

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Актуальність теми. Енергетична криза, зростання небезпеки експлуатації атомних електростанцій (АЕС) та значний негативний вплив на довкілля великих гідроелектростанцій (ГЕС) і теплових електростанцій (ТЕС) в Україні зумовили прискорене дослідження й освоєння відновних джерел енергії (ВДЕ). Тільки на малих річках України можна виробляти до 50 млрд.кВт.год/рік енергії, що у чотири рази перевищує її кількість, яка отримується на діючих ГЕС.

Інтерес до освоєння ВДЕ в Україні підсилюється значною залежністю від імпорту енергоносіїв. Використання ВДЕ дозволить розв'язати низку народно-господарських, соціально-економічних та екологічних проблем держави.

Особливо відчутною є енергетична криза на заході України, зокрема, у Закарпатті. Тому вибір Закарпатської області для дослідження можливості і перспектив використання ВДЕ не випадковий. Він зумовлений такими чинниками: 1) територія Закарпатської області характеризується розмаїттям ландшафтів (рівнинні, передгірські, гірські) та багатством відновних енергетичних ресурсів, що дозволяє відпрацювати відповідні методики, які із незначними доповненнями можна використати в інших регіонах України; 2) наявністю у гірській частині Закарпаття територій, важкодоступних для прокладання ліній електропередач, що робить перспективним автономне енергозабезпечення об'єктів цих територій; 3) вигідним географічним положенням та перспективами створення потужної курортно-рекреаційної індустрії в регіоні, у зв'язку з чим особливого значення набуває вирішення тут екологічних проблем, оскільки забруднення довкілля впливає на весь Карпатський єврорегіон; це підсилює пріоритет використання екологічно сумісних технологій виробництва енергії; 4) на рівні адміністративних одиниць найбільш доцільно розв'язувати практичні завдання прогнозування, планування та використання потенціалу відновних енергоресурсів.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами. Результати роботи використані при виконанні держбюджетної теми кафедри Ве 659 Б "Моніторинг геосистем заходу України" - 0193 V 041139 та Во 96-90 "Розробка серії екологічних карт Іршавського району Закарпатської області для формування конструктивної програми покращення екологічної ситуації".

Об'єкт дослідження - перспективні джерела відновних енергоресурсів Закарпатської області.

Предмет дослідження - оцінка потенціалу гідроенергетичних ресурсів малих річок, геліоенергетичних, вітроенергетичних та геотермальних ресурсів, закономірності просторової диференціації та часової мінливості ВДЕ у межах Закарпаття.

Мета роботи - розробити наукові основи та концептуально-методологічні засади оцінки та обгрунтувати шляхи раціонального використання потенціалу відновних енергетичних ресурсів Закарпатської області.

Для досягнення поставленої мети вирішувались такі **завдання**:

1) аналіз сучасних теоретичних уявлень про природу і значення відновних джерел енергії;
2) обгрунтування вибору методик оцінки потенційних гідроенергетичних ресурсів малих річок, геліоенергетичних, вітроенергетичних та геотермальних ресурсів;
3) аналіз чинників формування потенціалу ВДЕ Закарпатської області;
4) аналіз та оцінка потенціалу ВДЕ Закарпатської області: гідроенергетичних ресурсів малих річок, геліоенергетичних, вітроенергетичних та геотермальних ресурсів;
5) пошук закономірностей просторової локалізації та часових змін потужності ВДЕ;
6) визначення основних напрямів господарського використання ВДЕ на території області;
7) аналіз екологічних аспектів використання ВДЕ.

Методологія, методи досліджень, використані матеріали.

Розроблені теоретичні і методичні основи дослідження грунтуються на основних положеннях, викладених у наукових працях Г.Дрогомирецького (1925), Г.А.Гриневича (1963), Г.П.Кубишкіна (1964), М.М.Волевахи, М.І.Гойси (1967), І.І.Борзенкової (1969), М.І.Кирилюка (1969), М.Н.Большакова (1974), К.Я.Кондратьєва (1976) та ін.

У процесі дослідження застосовувалися такі методи: польові ландшафтно-мікрокліматичні спостереження, порівняльно-географічний, картографічний, системного аналізу, математичного моделювання та інші.

Основні положення дисертації, результати та висновки базуються на використанні та узагальненні матеріалів власних ландшафтно-мікрокліматичних польових досліджень; результатів обчислення гідроенергетичного кадастру малих річок Закарпаття; фондових матеріалів актинометричних, метеорологічних, гідрологічних та гідрогеологічних досліджень; комп'ютерних розрахунків просторового та часового розподілу енергоре-

сурсів; картографічних та літературних джерел.

Наукова новизна роботи. Вперше для території адміністративної області виконаний комплексний аналіз та оцінка потенціалу ВДЕ: гідроресурсів малих річок, геліо-, вітроенергоресурсів та геотермальних ресурсів; обчислені показники гідроенергетичного кадастру малих річок Закарпаття, виділені перспективні ділянки для розміщення міні- та мікроГЕС, складена картосхема гідроенергетичних ресурсів малих річок для Закарпатської області; виконане геліо- та вітроенергетичне зонування Закарпаття на основі даних багаторічних спостережень, зроблений аналіз зміни енергетичного потенціалу у часі; виділені 11 перспективних площ термальних вод, для яких виконані обчислення теплоенергетичної потужності, створена картосхема геотермальних ресурсів; встановлені особливості територіальної локалізації кожного виду ресурса; досліджені екологічні аспекти впровадження енергоустановок на ВДЕ; зроблений аналіз соціальних наслідків розвитку екоенергетики на ВДЕ для регіону.

Основні положення, що захищаються:

1. Комплексний аналіз потенціалу ВДЕ Закарпаття показує, що область може із споживача електроенергії з державної мережі перетворитися на її виробника і експортера. Перехід Закарпаття на самоенергозабезпечення за рахунок розвитку екологічно сумісної енергетики на ВДЕ створить базу для збалансованого економічного та соціального розвитку області.

2. Оцінка гідроенергетичних ресурсів малих річок Закарпаття, в основі якої лежить водноенергетичний кадастр, зроблений для 101 річки. Обгрунтування перспективних ділянок для встановлення міні- та мікроГЕС на основі величини їхньої питомої потужності.

3. Розрахунок геліоенергетичних ресурсів грунтується на значеннях сум сонячної радіації, отриманих числовим інтегруванням експериментальних інтенсивностей. Геліоенергетичне зонування Закарпаття зроблене з урахуванням експериментальних даних тривалості сонячного сяйва та річних сум сонячної радіації.

4. Обчислення енергії вітру, вітроенергетичне зонування області. Методика розрахунку питомої потужності вітрового потоку на основі даних метеостанцій, у якій ймовірнісний характер розподілу швидкостей вітру моделюється методом Монте-Карло.

5. Оцінка теплоенергетичної потужності розвіданих термальних вод, можливостей їх освоєння та екологічні аспекти практичного використання.

6. Закономірності просторового розподілу вітрових, гідро-, геліо- та геотермальних ресурсів.

7. Напрями господарського використання кожного виду ВДЕ визначаються комплексом чинників, серед яких основними є: величина потенціалу джерела енергії, його територіальна локалізація, мінливість потужності джерела протягом року, попит на енергію (електричну, теплову), екологічна ситуація.

Практичне значення роботи. Результати роботи є вихідними матеріалами для обгрунтування комплексної регіональної програми розвитку екоенергетики із залученням потенціалу ВДЕ, що дасть змогу намітити стратегію і тактику використання місцевих відновних енергоресурсів.

Картосхеми потенціалу енергії Сонця, вітру, термальних вод, малих річок можна використовувати при виборі місць для встановлення енергоустановок на ВДЕ. Методики оцінки потенціалу ВДЕ та основні результати досліджень використовуються у навчальному процесі на географічному факультеті Львівського державного університету імені І.Франка.

Особистий внесок автора полягає у розробці концепції дослідження потенціалу ВДЕ; проведенні польових досліджень, орієнтованих на оцінку потенціалу відновних енергоресурсів; аналізі просторового розподілу гідроенергетичних ресурсів малих річок, енергетичних ресурсів Сонця, вітру, термальних вод; дослідженні екологічного стану області.

Апробація роботи. Основні результати дисертаційної роботи доповідались і обговорювались на міжнародній науково-практичній конференції "Проблеми та шляхи енергозабезпечення України" (Івано-Франківськ, 1993), науковій конференції "Проблеми географії України" (Львів, 1994), міжнародній конференції "Шляхи вирішення взаємопов'язаних проблем природного середовища і розвитку прикордонних територій України, Польщі, Словаччини" (Львів, 1995), Першій Всеукраїнській конференції "Теоретичні та прикладні аспекти соціоекології" (Львів, 1996), звітних науково-практичних конференціях викладачів географічного факультету Львівського університету та наукових семінарах кафедри раціонального використання природних ресурсів та охорони природи (1990-1997 рр.)

Публікації. За темою дисертації опубліковано 12 наукових робіт загальним обсягом 7,1 д.а.

Структура і обсяг роботи. Дисертація складається із вступу, шести розділів, висновків, списку використаної літератури. Загальний обсяг становить 134 сторінки машинописного тексту, 28 таблиць, 20 рисунків, список літератури включає 156 найменувань.

ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

У **вступі** обгрунтована актуальність дослідження ресурсного потенціалу відновних джерел енергії території Закарпатської області, виходячи з її природних умов та географічного положення.

Перший розділ присвячений розгляду особливостей ВДЕ як об'єкта наукового аналізу. При оцінці потенціалу ВДЕ врахована їхня природа, оскільки йдеться не про оцінку можливості використання статичних запасів, а про реалізацію енергії природних геофізичних процесів, для яких характерна закономірна і стохастична мінливість у часі. Аналізується сучасний стан використання ВДЕ у зарубіжних країнах та можливості їхнього освоєння в Україні.

У **другому розділі** дається аналіз та оцінка гідроенергетичних ресурсів малих річок Закарпаття.

Досліджено, що потенційні енергетичні ресурси річок Закарпаття становлять приблизно 700 тис.кВт. Найбільші запаси водної енергії мають річки: Тересва, Теребля, Ріка, Уж, Латориця. Потенціал малих річок довжиною до 100 км становить 330 тис.кВт середньорічної потужності, чи 2900 млн. кВт.год енергії у середній за водністю рік. Загальна довжина облікованих річок - 1749 км, сумарна площа басейнів - 9240 км^2.

Дослідженню водних ресурсів Закарпаття присвячені праці К.В.Примака (1957), Г.П.Кубишкіна (1963, 1964), М.І.Кирилюка (1968, 1969), Г.А.Василевського (1973), Н.Є.Литвина (1975), І.П.Ковальчука, Л.Ф.Дубіс (1994) та ін. Але питання оцінки потенціалу гідроенергетичних ресурсів малих річок у них не розглядається.

Регіональні особливості гірських річок Закарпаття зумовили вибір методики оцінки гідроенергетичних ресурсів. Більшість водомірних постів, дані яких є основою для оцінки гідроенергетичних ресурсів, розміщена на малих і середніх річках, причому недалеко від впадання в основну річку. З одного боку, це зручно для оцінки сумарного стоку всього басейну конкретної річки, а з іншого - не дає інформації про особливості стоку і його величину на малих притоках , розташованих у різних геологічних і ландшафтних умовах. Ще одна передумова розвитку малої гідроенергетики - необхідність детального вивчення поздовжніх профілів річок. Враховуючи повну відсутність режимних спостережень на малих річках, нами виконана оцінка гідроенергетичних ресурсів, яка грунтується на методиці лінійного поділянкового обліку.

Методика лінійного поділянкового обліку полягає в тому, що після визначення розрахункових елементів - довжини, падіння і витрат води для кожної окремої ділянки річки - гідроенергетична потужність обчислюється за формулою ,кВт:

$$N_{діл} = 0,5\ g\ (Q_п + Q_к)\ H \qquad (1)$$

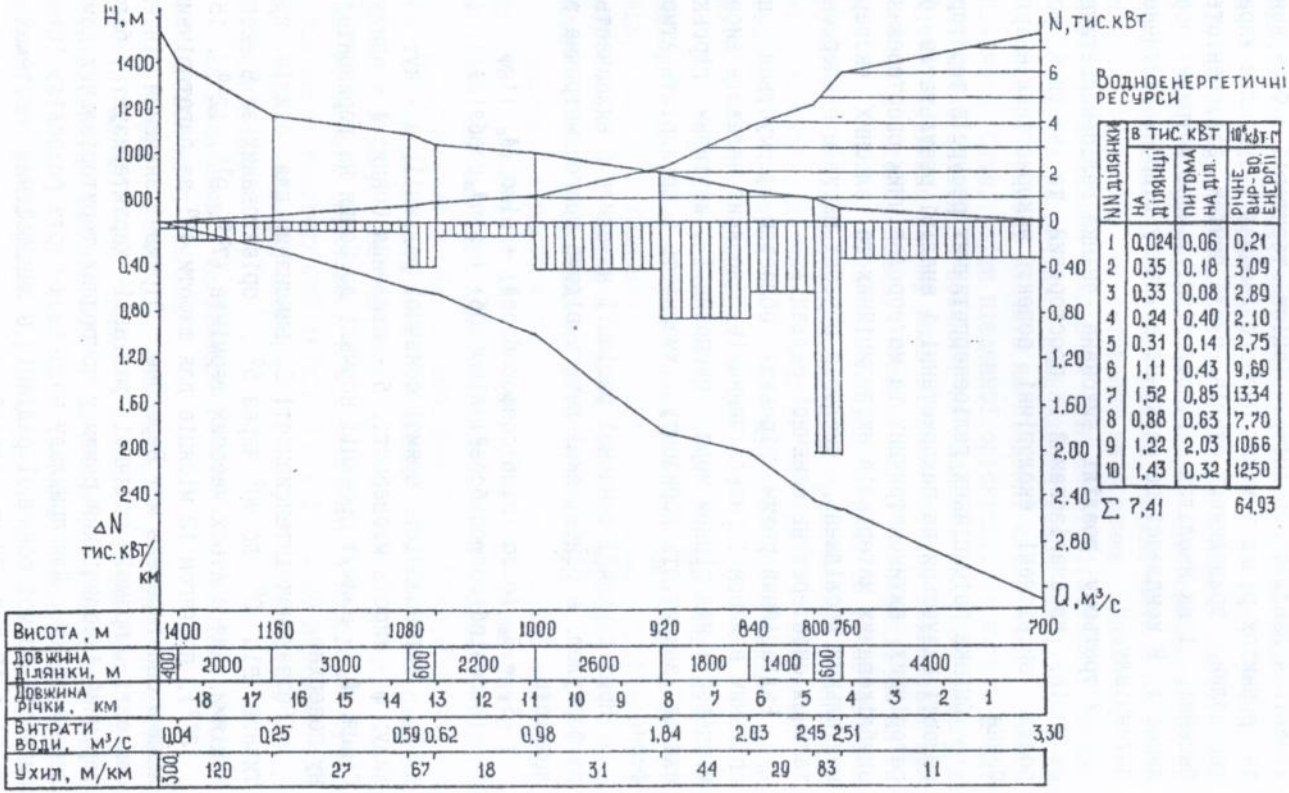
де $Q_п$, $Q_к$ - витрати води на початку і в кінці ділянки, $м^3/с$; H - падіння річки, м. Потужність усієї річки визначається як сума потужностей усіх ділянок.

Для обчислення середніх багаторічних витрат води у невивчених створах річок використані регіональні зв'язки модулів середнього стоку M_0 зі значенням середньозважених висот водозборів $H_{сер}$. З врахуванням цих зв'язків побудовані залежності модуля середнього стоку m_0 від середніх відміток висотних зон h. Обчислені витрати води є основою для підрахунку потенційних гідроенергетичних ресурсів річкового стоку у невивчених створах річок. Гідроенергетичний кадастр виконаний для 101 річки (рис.1).

Аналіз водноенергетичних ресурсів малих річок Закарпаття свідчить, що тільки дев'ять річок мають потужність понад 10 тис.кВт. Це річки Чорна Тиса(22,84 тис.кВт), Косівська(16,01 тис.кВт), Біла Тиса(15,54 тис.кВт), Брустурянка(13,31 тис.кВт), Люта(13,02 тис.кВт), Мокрянка (12,73 тис.кВт), Мала Шопурка(12,2 тис.кВт), Віча(11,1 тис. кВт) і Середня Ріка(10,44 тис.кВт).

Незначна частина (5%) річок мають потужність від 5 до 10 тис.кВт. До цієї групи належать річки Іршава (8.8 тис.кВт), Тур'я (8,47 тис.кВт, Лужанка (7,79 тис.кВт), Турбат (7,44 тис.кВт), Шопурка (5,32 тис.кВт). Переважна більшість малих річок Закарпаття (86%) має потужність до 5 тис.кВт.

Важлива якісна характеристика гідроенергетичних ресурсів - питома потужність, яка визначається витратами води, падінням і довжиною ділянки. Вона дає змогу виявити ділянки з найбільшою концентрацією гідроенергетичних ресурсів, перспективні для використання. Для кожної річки подані числові значення питомої потужності окремих ділянок. Найбільшу питому потужність мають ділянки річки Брустурянки - 2,66 тис.кВт/км, довжина ділянки 1200 м, похил-33,3 м/км, падіння 40м; річки Яблуниці - 2,33 тис.кВт/км, довжина ділянки 600 м, падіння 60м, похил 100 м/км; річки Лютої-2,31 тис.кВт/км, довжина ділянки 600 м, падіння 40 м, похил - 66,7 м/км.



Водноенергетичні ресурси

№№ ділянки	в тис. кВт на ділянці	в тис. кВт питома на діл.	10^6 кВт·г річне вир-во енергії
1	0,024	0,06	0,21
2	0,35	0,18	3,09
3	0,33	0,08	2,89
4	0,24	0,40	2,10
5	0,31	0,14	2,75
6	1,11	0,43	9,69
7	1,52	0,85	13,34
8	0,88	0,63	7,70
9	1,22	2,03	10,66
10	1,43	0,32	12,50
Σ	7,41		64,93

Рис.1. Модельний гідроенергетичний кадастр р.Турбат

Територіальний розподіл гідроенергетичних ресурсів визначається ландшафтною диференціацією території. Формування та розвиток річки у межах певного ландшафту зумовлює характер долин, придолинних схилів, русла, приток, залісненість у басейні, і як наслідок - гідрологічні і морфометричні особливості. В комплексі це визначає величину гідроенергетичного потенціалу.

У **третьому розділі** виконана оцінка геліоенергетичних ресурсів, проаналізований їх просторовий та часовий розподіл, висвітлені екологічні аспекти використання енергії Сонця.

Оцінка потенційних геліоенергетичних ресурсів території області базується на використанні і аналізі результатів багаторічних актинометричних та метеорологічних спостережень, опублікованих матеріалів експедиційних та власних експериментальних досліджень, числовій обробці масивів експериментальних спостережень сонячної радіації.

Радіаційний режим гірських областей формується під спільним впливом багатьох чинників, до яких належать висота місцевості над рівнем моря, експозиції і крутизни гірських схилів, закритість горизонту, хмарність і прозорість атмосфери.

Прихід прямої сонячної радіації на схили S визначається за формулою, в основі якої лежить відома тригонометрична залежність

$$S_s = S_m \{\cos\alpha (\sin\delta+\cos\varphi\cos\delta\cos\vartheta) + \sin\alpha [\vartheta_n (tg\varphi \cdot (\sin\varphi\sin\delta+\cos\varphi\cos\delta\cos\vartheta)-\sin\varphi\sin\delta) + \sin\vartheta_n\cos\delta\sin\vartheta]\}, \quad (2)$$

де S_m - інтенсивність прямої сонячної радіації; α - кут нахилу; φ - широта місцевості; δ - схилення Сонця; ϑ - азимут Сонця; ϑ_n - азимут проекції нормалі до Сонця на горизонтальну поверхню.

Розрахунок інтенсивності S_s виконаний для схилів крутизною від 0^0 до 90^0 через 5^0, орієнтованих за 8 експозиціями, для п'ятьох часових термінів (7^{30}, 9^{30}, 12^{30}, 15^{30}, 18^{30}), протягом 12 місяців для широти 48^0 за багаторічними даними спостережень мст Берегове. Отримані значення інтенсивності прямої сонячної радіації характеризують багаторічний інсоляційний режим у природних територіальних комплексах (ПТК). Для прикладу подається карта розподілу інтенсивності прямої сонячної радіації в ландшафтних системах у липні о 12 год. 30 хв. (рис.2).

Схили південної експозиції отримують протягом року пря-

мої сонячної радіації більше, ніж горизонтальна поверхня. Надходження радіації на схили влітку мало відрізняється від такого на горизонтальну поверхню. В інші сезони ці відмінності зростають. Всі вертикальні поверхні протягом року отримують прямої радіації менше, ніж горизонтальна поверхня. Максимальні значення радіації відмічаються на вертикальних поверхнях, орієнтованих на південь. Найбільша тривалість опромінення південних стін спостерігається у березні і вересні, а не влітку, коли висота Сонця найбільша. В цей час сонячні промені падають на південні стіни майже перпендикулярно. Отже, стіни південної орієнтації отримують додаткове тепло навесні і восени і не зазнають значного перегріву влітку. Особливо значну роль відіграє фактор експозиції природного комплексу взимку. Рівень впливу експозиції на інтенсивність прямої сонячної радіації зростає із збільшенням крутизни. Найбільший вплив крутизни проявляється у ландшафтних системах східних і західних експозицій, найменший - у південних. Протягом року, залежно від висоти Сонця, вплив крутизни різних експозицій змінюється.

Практичне значення мають суми сонячної радіації, яка надходить на схили за певні проміжки часу (годину, день, місяць, рік). Розрахунок сум сонячної радіації здійснено інтегруванням за методом Гауса інтерпольованих кубічними сплайнами експериментальних інтенсивностей.

Важливою характеристикою сонячної радіації є повторюваність її сум протягом місяців і року. Із розрахунків Σ Q випливає, що найменше значення денної суми радіації протягом 1992 р. становило 0,633, а найбільше 27,28 МДж/(м^2·день). На рис.3 зображена повторюваність денних сум сонячної радіації протягом 1992 р. На значення сум $0,633 < \Sigma Q < 6$ (у МДж/(м^2·день)) припадає 42%. Ймовірність попадання суми у більш високоенергетичний інтервал $6 < \Sigma Q < 20$ дорівнює 46%. На інтервал найвищих енергій $20 < \Sigma Q < 28$ припадає усього 12% реалізацій.

За величиною геліоенергетичного потенціалу область поділяється на п'ять зон.

До першої зони (А) відносяться райони Полонинського хребта, масивів Свидовець, Чорногора. Річна сума сонячної радіації тут становить 4000-4300 МДж/м^2, а тривалість сонячного сяйва 1400-1500 годин. Для цієї зони характерний максимальний розвиток хмарності у весняні і літні місяці і зменшення її взимку. Низька температура повітря, часті снігопади, заметілі, важка доступність є чинниками, які роблять ви-

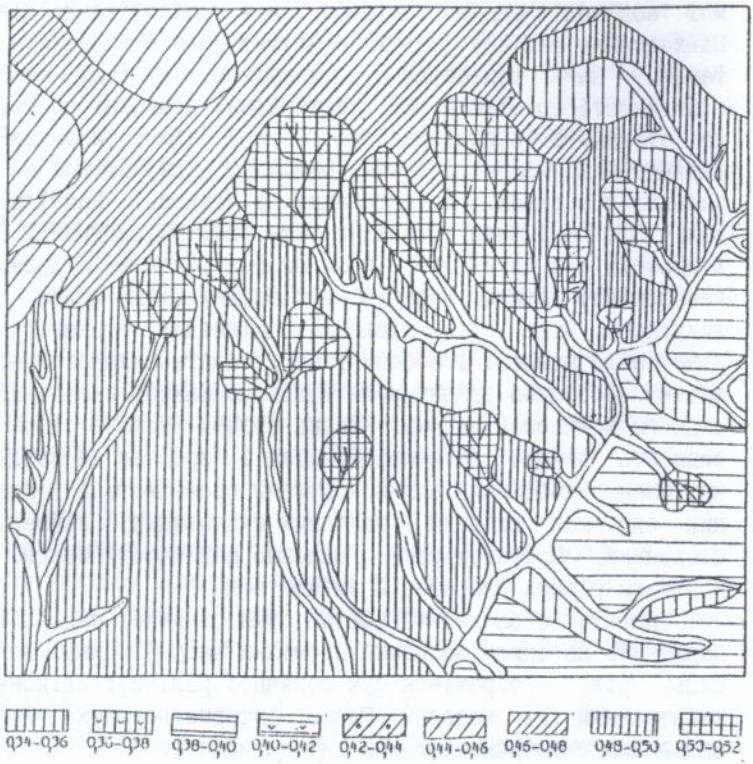


Рис.2. Фрагмент ландшафтно-інсоляційної карти вулканічного масиву Великий Діл. S кВт/м^2, липень, 12 год. 30 хв.

користання геліоустановок у зимовий період недоцільним. Влітку можливе використання комбінованих вітро- та геліопристроїв невеликої потужності для потреб полонинського та лісового господарств, рекреантів тощо.

Друга зона (Б) займає гірські лісові райони, які характеризуються крутосхилими хребтами. Вона характеризується порівняно високими значеннями сонячної радіації, річна сума якої становить 3800-4000 (МДж/м^2)/рік, а тривалість сонячного сяйва - 1500-1600 годин. За величиною потенційних геліоресурсів дана зона відповідає вимогам до радіаційного режиму для ефективного використання геліоресурсів. Однак сильна розчленованість, порізаність рельєфу глибокими вузь-

кими зворами, важкодоступність, наявність крутих схилів, покритих лісом - все це робить проблематичним рентабельне використання сонячної енергії у найближчому майбутньому.

До третьої зони (В) відноситься низькогірний Вигорлат-Гутинський вулканічний хребет та широка Перечин-Липчанська долина. Річна сума сонячної радіації у цій зоні складає 3800-4000 (МДж/м^2) рік, а тривалість сонячного сяйва 1600-1800 годин. Наявність широких улоговин, гірських плато, пологих схилів сприяє максимальному виявленню енергетичного потенціалу даної території. Цей район є перспективним для використання геліопристроїв.

У четверту зону (Г) включена рівнинна частина Закарпаття, яка характеризується найбільшою тривалістю сонячного сяйва - 1800-2024 год і сумарною сонячною радіацією за рік 3800-4000 МДж/м^2. Найбільш перспективним в даному районі буде забезпечення житлово-комунальних і рекреаційних об'єктів сонячними колекторами, а також використання сонячної теплової енергії у сільському господарстві. Оскільки цей район характеризується високою густотою населення, високою цінністю земель, то тут доцільним є будівництво невеликих теплофікаційних установок для опалення і гарячого водопостачання, сонячного обігрівання тепличного господарства, нагрівання повітря для сушіння продуктів сільського господарства, теплової обробки деревини, будматеріалів.

До п'ятої зони (Д) відносяться ущелиноподібні долини гірських річок, окремі гірські райони, які відзначаються великою повторюваністю орографічної хмарності. Ця зона характеризується умовами, при яких використання геліоресурсів є нерентабельним.

Теплий період на більшій частині території найбільш сприятливий для отримання максимального потоку сонячної енергії. Низька температура повітря, часті снігопади, заметілі роблять малоефективним і недоцільним використання геліопристроїв у зимовий період у горах, незважаючи на те, що тут спостерігається найбільш висока інтенсивність сонячної радіації.

Один або два сонячних колектори можуть забезпечити гарячою водою індивідуальну душову установку сільського будинку від весни до осені. З'єднані в групи, вони можуть з березня по жовтень забезпечувати гарячою водою для побутових потреб будинки відпочинку, пансіонати, ферми. Можливе також використання стінових панелей, дахів житлових будинків і промислових підприємств для сонячних колекторів.

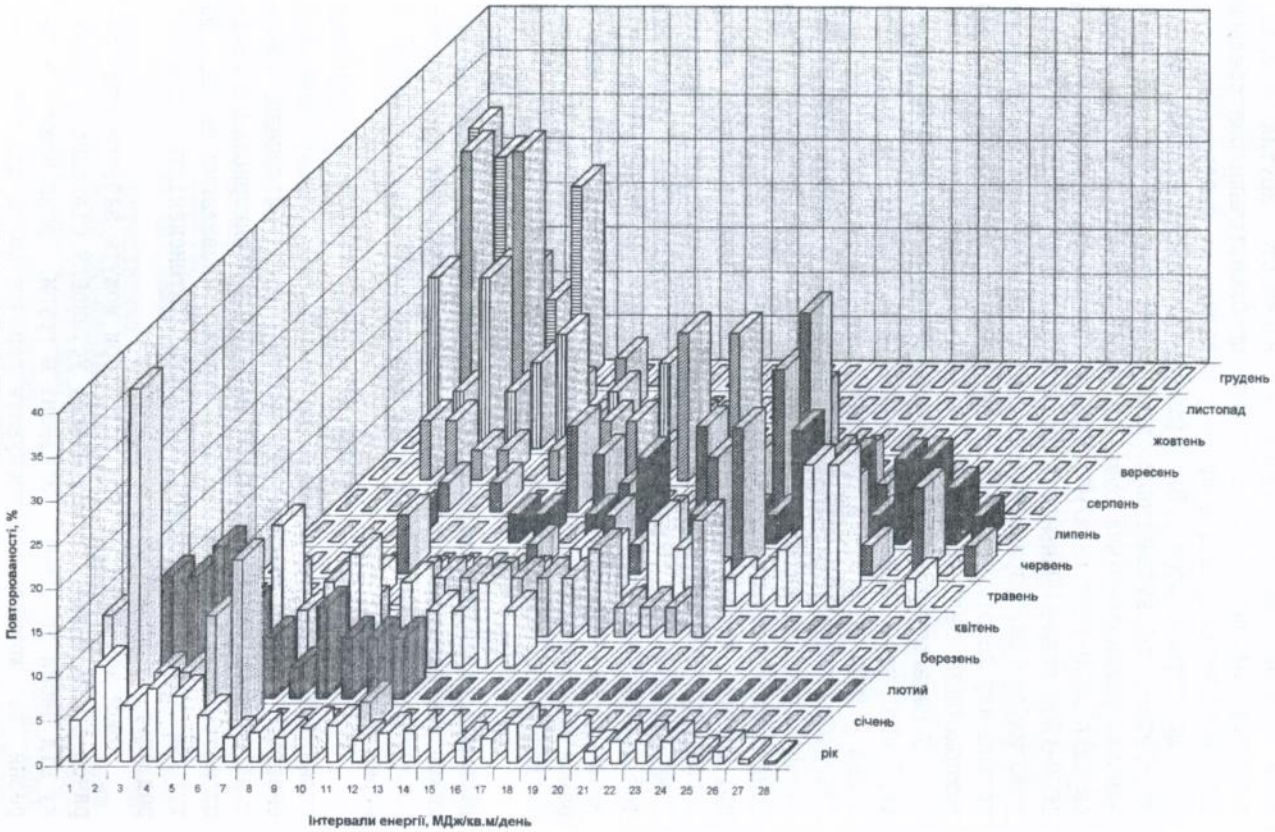


Рис.3. Повторюваність річних та місячних сум сонячної радіації, 1992р. мст.Берегове.

У **четвертому розділі** зроблена оцінка вітроенергетичного потенціалу Закарпаття, створена картосхема вітроенергетичного зонування області, висвітлені екологічні аспекти використання енергії вітру. Основним джерелом вихідних даних для розробки вітроенергетичного кадастру є спостереження за швидкістю вітру на опорній мережі гідрометслужби. Ці спостереження, які провадяться кілька разів на добу, охоплюють періоди у десятки років і є багатим фактичним матеріалом. Їх перевага у тому, що вони здійснюються за уніфікованою методикою, а місця проведення спостережень класифіковані за ступенем їх відкритості на місцевості.

Через вкрай недостатню густоту мережі метеорологічних станцій, особливо вище 800 м н.р.м., характеризувати вітровий режим гірської частини Закарпаття можна лише в загальних рисах. У горах пункти метеорологічних спостережень в основному приурочені до долин і відображають долинну циркуляцію. Напрямок вітру тут визначається напрямком гірських долин, а швидкість - їх закритістю і орієнтацією за відношенням до пануючого переносу.

Режим швидкостей вітру, як і його напрямок, визначається особливістю атмосферної циркуляції та рельєфом. У роботі зроблений аналіз циркуляційних і орографічних чинників, які зумовлюють вітроенергетичний потенціал області. Річний хід інтенсивності атмосферної циркуляції над територією Українських Карпат зумовлює річний хід швидкості вітру у приземному шарі атмосфери. У ньому виражений один максимум у грудні-березні (з деяким зменшенням швидкості у січні, коли посилюється дія сибірського антициклону) і один мінімум у липні-вересні. На основі результатів вимірювань швидкості вітру виконано обчислення питомої потужності вітрового потоку для кожного місяця з використанням методу Монте-Карло, який дозволяє моделювати ймовірнісний характер розподілу швидкості вітру.

Питома потужність N_i вітрового потоку визначалась за формулою Вт/м^2

$$N_i = \rho / 2 \int_{v_i}^{v_{i+1}} v^3 f(v) dv \qquad (3)$$

де $f(v)$ - функція розподілу швидкості вітру, v_i - найменша а v_{i+1} -найбільша швидкість вітру в і-ому інтервалі, ρ - густина повітря.

Для цих обчислень була складена програма для ЕОМ. Ре-

зультати розрахунків покладені в основу вітроенергетичного зонування області. Виконані дослідження дозволили виділити три вітроенергетичні зони.

Зона А. Це відкриті вершинні поверхні Полонинського хребта (полонини Чорногора, 2061 м; Рівна, 1479 м; Боржава, 1681 м; Красна, 1501 м). Для них характерні постійно високі швидкості вітру в оптимальному робочому діапазоні $4 < V < 24$ м/с, тривалість яких протягом року складає 5774 год, а середня річна енергія ВЕУ становить 632000 кВт.год. Саме ця зона має найвигідніші показники для застосування ВЕУ.

Зона Б. До неї належать рівнинні частини території області разом з низькогір'ям Вулканічного хребта. У ній швидкості вітру є суттєво меншими, ніж у зоні А. Тому і енергія вітру є меншою у порівнянні із такою у зоні А і становить для одиничної ВЕУ 21100 кВт.год. Можливості використання ВЕУ тут досить незначні.

Зона В. До цієї зони належить середньогір'я із вітровим затіненням навколишніми більш високими гірськими хребтами. Середня енергія вітру за рік для мст.Рахів становить 256 кВт.год, а тривалість робочих швидкостей вітру складає лише 183 год. Отже, використання ВЕУ тут недоцільне.

П'ятий розділ присвячений аналізу та оцінці теплоенергетичного потенціалу розвіданих термальних вод Закарпаття.

Закарпаття відзначається значним потенціалом термальних вод, які в основному приурочені до рівнини (Бабинець А.Є., Марус В.І., Койнов І.М., 1978).

Головним показником придатності термальних вод у теплоенергетиці є їхня природна температура, що характеризує нагромаджене тепло, яке можна рентабельно вилучити та використати для господарських потреб. Оцінка теплоенергетичної потужності N_p джерела термальних вод розраховується за формулою, Дж/рік

$$N_p = 365\ \rho\ Q\ c\ (t_г - t_к)\ , \qquad (4)$$

де Q - запаси термальних вод площі (на одній свердловині або сумарні), $м^3$/добу; c - питома теплоємність термальних вод, яка приблизно дорівнює 4190 Дж/кг/К; ρ - середня густина термальних вод, яка становить 1000 кг/$м^3$; $t_г$ - температура води на гирлі свердловини, °С; $t_к$ - кінцева температура відпрацьованих термальних вод, яка за технічними параметрами дорівнює 30 °С.

Таблиця

Характеристика термальних теплоенергетичних вод Закарпаття.

Назва площі та номер опорної свердловини	Геологічний вік порід та їх літологія	Середня глибина видобувних свердловин (м)	Очікувана температура вод на гирлі свердловини (°С)	Використана температура вод (°С)	Прогнозні запаси терм. вод площі ($м^3$/добу)	Теплоенергетична потужність (потенціал) площі (МДж/рік)
Довжанська N" 1	крейда: конгломерати, аргіліти	1500	+55	+25	1000	$3,83 \times 10^7$
Ужгородська N" 1-Т	мезозой: вапняки, сланці	2000	+58	+28	2400	$1,03 \times 10^8$
Залузька N" 1	крейда: вапняки, конгломерати	2200	+100	+70	1500	$1,61 \times 10^8$
Тереблянська N" 6	неоген: туфи	2350	+90	+60	2000	$1,84 \times 10^8$
Боржавська N" 4-Т	неоген: туфи	1100	+39	+ 9	600	$8,25 \times 10^6$
Беганська N" 1164	неоген: туфи	650	+37	+ 7	500	$5,36 \times 10^6$
Берегівська N" 2-Т	неоген: туфи	1050	+54	+24	500	$1,84 \times 10^7$
Косинівська, невідомий	неоген: туфи	2000	+55	+25	500	$1,91 \times 10^7$
Ростоцька N" 113	неоген: конгломерати, аргіліти	550	+38	+ 8	450	$5,49 \times 10^6$
Вільхівська N" 8	неоген: туфи	550	+39	+ 9	1000	$1,38 \times 10^7$
Іванівська N" 52	неоген: андезити	1000	+37	+ 7	600	$6,41 \times 10^6$
Р А З О М					9050	$5,63 \times 10^8$

Аналіз геотермічного режиму та гідрогеологічних умов Закарпаття дає підставу для виділення одинадцяти ділянок, перспективних для використання енергії термальних вод (табл.). Сумарний теплоенергетичний потенціал складає 17,8 МВт. При використанні теплоенергетичного потенціалу термальних вод Закарпаття можна заощадити $1,92 \cdot 10^4$ тон умовного палива за рік.

Перспективним є використання термальних вод у бальнеології. Термальні води є важливою сировинною базою для розвитку курортного господарства в Закарпатській низовині, паралельно з традиційним його функціонуванням у гірській частині. Бальнеологічні оздоровниці можуть функціонувати на дев'яти площах термальних вод. На Залузькій і Тереблянській площах спостерігається надмірна мінералізація термальних вод, що утруднює їх бальнеологічне використання.

Термальні води області можна успішно використовувати для теплопостачання, теплично-парникового господарства, підігріву грунту, у тваринництві, у рибному господарстві. При досконалих технологіях вони можуть стати енергетичною базою для ГеоТЕС.

У **шостому розділі** висвітлені еколого-економічні, технологічні, організаційні проблеми освоєння ВДЕ, обгрунтована необхідність розробки та реалізації комплексної енергетичної програми регіону, зроблений аналіз соціальних наслідків розвитку екоенергетики на ВДЕ для регіону. Широке використання ВДЕ дозволить суттєво підвищити рівень життя населення, особливо у гірських та сільських районах, сприятиме покращенню екологічної ситуації в регіоні.

ВИСНОВКИ

1. Малі річки Закарпаття мають значні запаси гідроенергетичних ресурсів. За підрахунками, зробленими для 101 річки, потенційні запаси гідроенергії становлять 2900 млн.кВт.год, їх відповідна потужність 330 тис.кВт., а це близько 40% усіх гідроенергоресурсів області. Гірські річки Закарпаття характеризуються високою водністю і стабільним рівневим режимом протягом року, тому є перспективними для гідроенергетичного освоєння.

Розподіл по території гідроенергетичних ресурсів нерівномірний і зумовлений такими чинниками як ландшафтна диференціація та гідрокліматичні особливості території. Найбільший потенціал гідроенергетичних ресурсів мають річки Чорна Тиса,

Біла Тиса, Косівська, Мокрянка, Брустурянка, Люта, що протікають в середньогірних ландшафтах, для яких характерні значні перепади висот та найбільша кількість опадів.

2. Найбільшу концентрацію гідроенергетичних ресурсів з високою питомою потужністю мають ділянки річок Брустурянки (2,7 тис.кВт/км), Яблуниці (2,3 тис.кВт/км), Лютої (2,3 тис.кВт/км). Практично на всіх річках є ділянки з високими показниками питомої потужності, перспективні для встановлення міні- і мікроГЕС.

Територія Закарпаття, у тому числі й гірська частина, значною мірою насичена споживачами електроенергії, тому найбільш перспективними для використання на малих річках є мікроГЕС, які можуть задовольнити енергетичні потреби індивідуальних споживачів, зменшать відбір енергії з мережі і є найменш шкідливими екологічно.

3. Дослідження радіаційного режиму дає підставу оцінити Закарпаття як регіон, перспективний для розвитку геліоенергетики. Інтенсивність сонячної радіації у середньому складає 120 Вт/м^2, що відповідає річному надходженню енергії 1000 кВт.год/м^2. Технічні можливості залежать від ефективності сонячних установок і акумулювання ними сонячної енергії. У Закарпатті умовний сонячний колектор, який займає 0,1% площі області (квадрат 3,6х3,6 км) може більш як на половину забезпечити потреби області в енергії - 154 МВт.

Найбільш стійкий радіаційний режим спостерігається у теплий період року (квітень-вересень). У зимовий період характерний нестійкий радіаційний режим внаслідок мінливої хмарності. У березні і вересні відмічається значна тривалість опромінення південних стін, що дозволяє отримати додаткове тепло. Максимум сонячних сум сумарної радіації при середніх умовах хмарності припадає на липень, а мінімум - на грудень.

4. Невелика за площею але із значним фізико-географічним розмаїттям територія Закарпаття характеризується значними відмінностями у надходженні енергії Сонця. У межах області виділяється п'ять геліоенергетичних зон. Незважаючи на зростання з висотою енергетичної потужності потоків сонячної радіації, значна частина високогірних та середньогірних районів, у зв'язку з переважанням орографічної хмарності протягом теплого півріччя, є менш перспективною з огляду на використання геліоенергетичних ресурсів, ніж рівнинні й низькогірні райони. Закарпатська рівнина відзначається найбільш стійким режимом сонячної радіації у багаторічному аспекті та найбільшою тривалістю сонячного сяйва.

Перспективними напрямами практичного використання геліоенергетичних ресурсів у Закарпатті є перетворення сонячної енергії у теплову за допомогою енергоустановок малої потужності, сонячних водонагрівників, геліотеплиць, опалювання будинків з використанням сонячних колекторів на дахах та стінах будинків тощо. Це дозволить зекономити органічне паливо, сприятиме зменшенню забруднення довкілля.

5. Найбільший потенціал вітрової енергії має Полонинський хребет. Тут із однієї вітроустановки можливе виробництво енергії 632000 кВт.год за рік. Максимальні величини вітрового потоку спостерігаються протягом січня-березня та вересня-грудня. Квітень і серпень характеризуються проміжними значеннями енергії, а у травні-липні відмічаються найнижчі значення енергії вітру.

6. Закарпатська область має значні запаси термальних вод і належить до регіонів, перспективних для використання глибинного тепла Землі. Оцінка теплоенергетичної потужності виконана для 11 площ. Їх сумарна потужність складає 17,8 МВт ($1,92 \cdot 10^4$ т.у.п.). Перспективним є використання теплоенергетичного потенціалу термальних вод у бальнеології, комунальному і сільському господарстві, в енергетиці.

7. Для впровадження у практику енергетичних установок на ВДЕ необхідно розробити і реалізувати регіональну програму розвитку енергетики на ВДЕ, яка б забезпечила дотримання екологічних норм і правил, враховувала економічний механізм її реалізації, а також правничий аспект.

Основні положення дисертації викладені у таких опублікованих працях:

1. Сиротюк М.И. Особенности микроклимата природных территориальных комплексов массива Великий Дил// Географические основы природопользования. Вестн. Львовского ун-та. Сер. геогр., вып.14.-1984.-С.100-102.

2. Сиротюк М.І. Соціоекологічні аспекти освоєння відновних джерел енергії в Закарпатті//Питання соціоекології. Т.1: Матер. перш. Всеукр. конф."Теоретичні та прикладні аспекти соціоекології"/ За ред. Г.О.Бачинського.-Львів: ВНТЛ.-1996.-С.203-204.

3. Кукурудза С.І.,Сиротюк М.І.,Кравченко Т.Я. Методика оцінки гідроенергетичних ресурсів малих річок (на прикладі Закарпаття):Тексти лекцій.-Львів: Вид-во ЛДУ.-1996.-70 с.

4. Міллер Г.П., Сиротюк М.І., Третяк О.А. Інтенсивність прямої сонячної радіації в природних територіальних комплексах вулканічного масиву Великий Діл// Географічні основи природокористування. Вісн. Львівського ун-ту. Сер. геогр., вип.13.-1982.-С.98-102.

5. Сиротюк М.И. О специфике структуры вулканических ландшафтов Украинских Карпат// Географические основы природопользования. Вестн. Львовского ун-та. Сер. геогр., вып.15.-1986.-С.38-40.

6. Сиротюк М.И. Региональный геоинформационный банк данных на базе ландшафтной карты Выгорлат-Гутинского вулканического хребта// Картографическое обеспечение основных направлений экономического и социального развития Украинской ССР и ее регионов: Тез. докл. VI Респ.науч.конф. (г.Черновцы, 17-18 сентября 1987).- Черновцы.-1987.- С.74-75.

7. Сиротюк М.И. Оценка природных территориальных комплексов методом лимитирующих факторов// Географические основы природопользования. Вестн. Львовского ун-та. Сер. геогр., вып.16.-1988.-С.49-51.

8. Сиротюк М.І. Геосистемний аспект оптимізації вулканогенних ландшафтів Українських Карпат// Географічні основи природокористування. Вісн. Львівського ун-ту. Сер. геогр., вип.17.-1989.-С.61-64.

9. Кукурудза С.І., Сиротюк М.І., Білоус Л.Б. Проблеми розвитку альтернативної енергетики в Карпатському регіоні //Проблеми географії України: Матер. наук. конф.-Львів: Вид-во ЛДУ, 1994.-С.164-165.

10. Чопик Я., Сиротюк М. Енергетична програма Карпатського регіону: специфіка вибору альтернативної енергетики // Міжнар. наук.-практ. конф. "Проблеми і шляхи енергозабезпечення України" (7-10 грудня 1993 р.): Зб.статей.Ч.5.-Івано-Франківськ: Вид-во ІФДТУНГу, 1995.- С.72-77.

11. Syrotyuk M. The investigation of the potential of renewable energy sources in Transcarpathians as a prerequisite for the border terrains co-operation in the field of the alternative power engineering // Ways to solve interconnected problems of the natural environment and development of border terrains in Ukraine, Poland, Slovakia: Collection of science and methodical papers.- Lviv:1995.-P.188-189.

12. Kukurudza S., Sirotyuk M. A regio-energetikai fejlestészének programja és e program végrehajtásának mechanizmusa//I.Nemzetközi-regionalis környezetfejlesztési konferencia.-Budapest:A Magyar Tudományos Akademia,1996.-P.18.

Аннотация

Сиротюк М.И. Возобновляемые источники энергии Закарпатской области: оценка потенциала и проблемы использования.- Рукопись.

Диссертация на соискание ученой степени кандидата географических наук по специальности 11.00.11 - конструктивная география и рациональное использование природных ресурсов.- Львовский государственный университет им.Ивана Франко,Львов, 1997.

Защищается научная работа, которая содержит результаты исследования возобновляемых источников энергии (ВИЭ) на территории Закарпатья. Впервые для территории административной области выполнены комплексный анализ и оценка потенциала ВИЭ, рассчитаны показатели гидроэнергетического кадастра для малых рек Закарпатья, обоснован выбор участков рек для установки мини- и микроГЭС, разработано гелио- и ветроэнергетическое зонирование Закарпатья, рассчитана теплоэнергетическая мощность разведанных термальных вод, исследованы экологические аспекты использования энергоустановок на возобновляемых источниках энергии.

Annotation

Syrotyuk M.I. Renewable energy sources in Transcarpathian region: The potential assessment and problems of use. -The manuscript.

The Thesis is submitted for a PhD degree in geography in the field of 11.00.11 - constructive geography and rational use of natural resources. - Ivan Franko Lviv State University, Lviv, 1997.

The Thesis containing the assessment results for renewable energy sources (RES) in Transcarpathians is defended. For the first time for this area the complex analysis of RES potential has been carried out. The indices of hydroenergetic cadastre of small rivers in Transcarpathians have been calculated. The choice of the river sections for mini- and microhydropower - plants construction has been grounded. The solar- and wind-energy zones have been determined. The thermoenergetic power of explored thermal springs has been evaluated. The environmental aspects of RES-driven power-plants are considered.

Ключові слова: відновні джерела енергії, енергія малих річок, енергія вітру, енергія Сонця, енергія термальних вод, оцінка потенціалу, картосхема енергоресурсного потенціалу, зонування, екологічно сумісна енергетика.

Віддруковано з готових оригіналів.
Спосіб друку-різографія.Формат 60х80/16.
Обсяг 1друк. лист. Тираж 100. Зам
Львів.Виробничо-комерційне підприємство ВМС.