

АНАЛІЗ ЛАНДШАФТНОГО ПОТЕНЦІАЛУ ВИКОРИСТАННЯ ВІДНОВЛЮВАНОЇ ЕНЕРГЕТИКИ НА ТЕРИТОРІЇ ПІВДЕННО-СХІДНОГО КРИМУ

Ключові слова: відновлювані джерела енергії, Південно-Східний Крим, ландшафтний потенціал, районування, вітроенергетика, сонячна енергетика, біоенергетика

Вступ. Територія Південно-Східного Криму являє собою один з ключових туристсько-рекреаційних центрів Автономної Республіки Крим. Низька освоєність території, слабкий розвиток інфраструктури, з одного боку і її унікальні пейзажні характеристики і розташування історико-культурних об'єктів з іншого, визначають її інвестиційну привабливість і створюють передумови для сталого розвитку рекреаційної галузі. Розвиток рекреаційної галузі ставить перед територією ряд вимог, однією з яких є екологічна і енергетична безпека. У зв'язку з цим актуальним є дослідження можливості забезпечення регіону власними енергетичними ресурсами, які здійснювали б мінімальний вплив на стан навколишнього середовища. Йдеться про дослідження ландшафтного потенціалу території з використання нетрадиційних джерел енергії.

Метою даної роботи є вивчення ландшафтного потенціалу використання альтернативної енергії на території Південно-Східного Криму.

Для досягнення поставленої мети було вирішено ряд завдань:

1. Проаналізовано ландшафтний потенціал використання вітроенергетичних, сонячних енергетичних і біоенергетичних установок;
2. Проведено районування території Південно-Східного Криму по можливості використання відновлюваних джерел енергії.

Ландшафтний потенціал використання вітроенергетичних установок. Для цілей аналізу природного вітропотенціалу використані дані, наведені в Довіднику з клімату СРСР [1]. На розглянутій території розташовані три відомчі метеостанції: Феодосія, Карадаг, Судак. На рис. 1 показана внутрішньорічна динаміка швидкості вітру на цих метеостанціях.

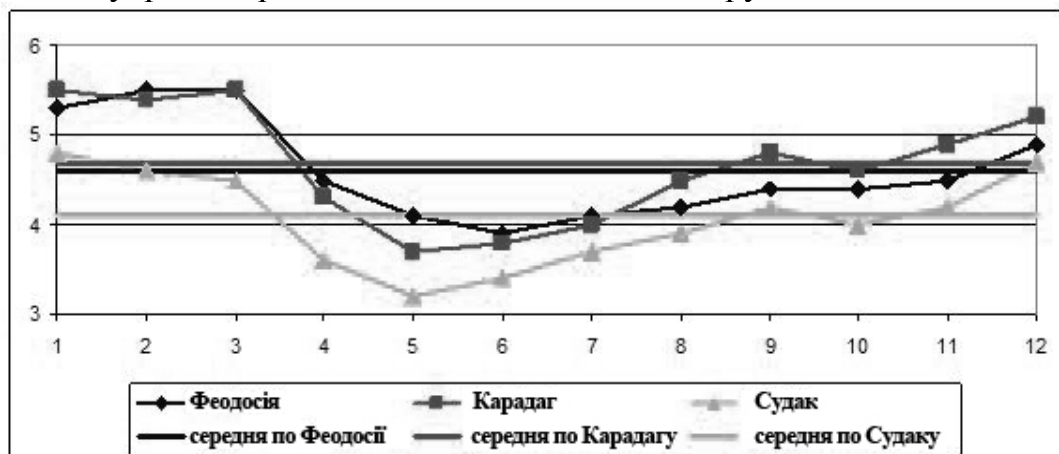


Рис. 1 – Середня місячна швидкість вітру, м/с (за даними [1])

Як видно з рисунка, максимальна швидкість вітру на всіх трьох метеостанціях спостерігається в зимовий період. Причому, максимальні середньорічні значення спостерігаються на Карадазі, що може бути пов'язано не стільки з реальною диференціацією швидкості вітрового потоку, скільки з висотою, на якій проводяться вимірювання. Так, висота флюгера на метеостанції Карадаг становить 14 м, у той час як на метеостанції Феодосії і Судака – 11 і 7 м відповідно. Саме цей факт, напевно, і визначив такі відмінності у розподілі значень швидкостей вітру по метеостанціях.

Незважаючи на погрішності у вимірах, середньорічні значення по метеостанціях показують, що досліджувана територія забезпечена необхідними вітроенергетичними ресурсами, і питання про використання вітрових електростанцій, зберігає свою актуальність.

Простого аналізу середньомісячних і середньорічних величин швидкості вітру недостатньо для виявлення вітрового енергопотенціалу території. Важливим є вивчення внутрішньорічної повторюваності швидкостей вітру. Ґрунтуючись на даних, наведених у Довіднику з клімату СРСР [1], був складений рис. 2.

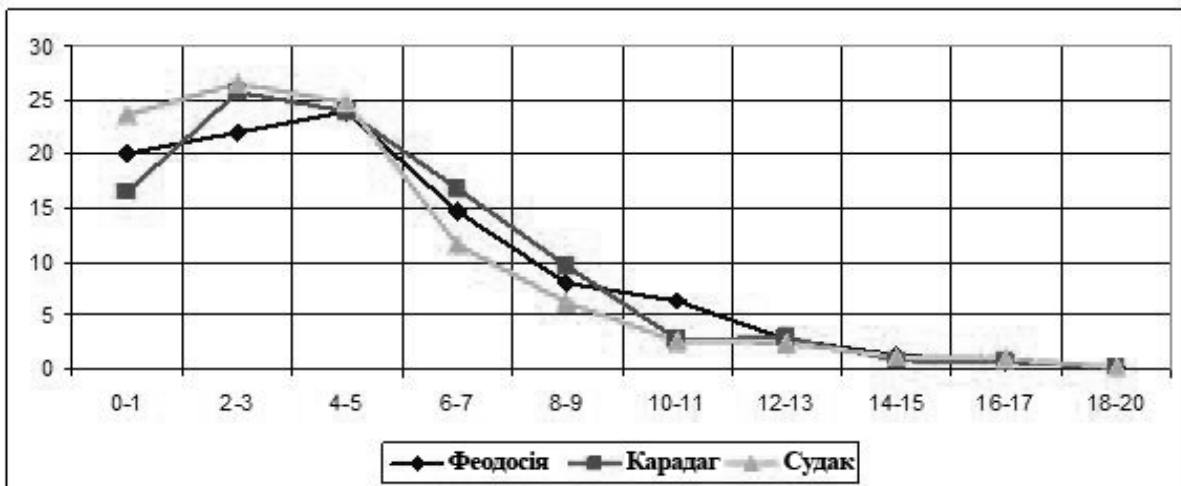


Рис. 2 – Середньорічна повторюваність швидкості вітру по градаціях, %
(за даними [1])

Як бачимо, тільки для метеостанції Феодосія максимальна повторюваність характеризується швидкості вітру більше 4 м/с. Для метеостанцій Карадаг і Судака максимальна повторюваність належить швидкості вітру 2–3 м/с. Однак якщо подивитися розподіл по місяцях внесок швидкостей вітру до 4 м/с і більше 4 м/с, то картина стає дещо інша.

На метеостанції Феодосія повторюваність швидкості вітру більше 4 м/с протягом усього року вище, ніж повторюваність швидкості вітру менше 4 м/с. На метеостанції Карадаг ситуація схожа, за винятком травня і червня місяців, коли повторюваність швидкості вітру менше 4 м/с більше на 6,8% і 2,3% відповідно. Дещо гірше ситуація в Судаку, де швидкість вітру вище 4 м/с спостерігається тільки пів року – з серпня по січень.

Однак, як уже говорилося раніше, інтерес становлять ті значення швидкостей вітру, які мають місце на висоті 100 м. Розрахунок за методикою, викладеною в [2] дозволив визначити швидкість вітру на висоті

100 м для кожної метеостанції (табл. 1). Отримані дані швидкості вітру дозволяють підійти до питання оцінки теоретичної потужності вітроенергетичного потенціалу.

Таблиця 1 – Вітроенергетичний потенціал території Південно-Східного Криму

Метеостанція	Швидкість вітру на висоті 100 м, м/с	Енергія вітрового потоку, Вт/м ²	Річна потужність вітрового потоку, МВт/м ²
Феодосія	9,3	56,2	1772,3
Карадаг	9,5	58,7	1851,2
Судак	8,4	45,9	1447,5

У підсумку були визначені значення теоретичної потужності вітру для досліджуваних пунктів, представлені в таблиці 1.

З метою визначення територій з найбільшими швидкостями вітрів були побудовані карти розподілу швидкостей вітру. Перша карта була побудована за допомогою інтерполяції швидкостей вітру за даними метеостанцій. Були взяті дані по наступних метеостанціях: Феодосія, Карадаг, Судак, Алушта, Карабі-яйла, Старий Крим та Владиславівка. Інтерполяція даних проводилася за допомогою програми Arc GIS. На карті помітно вплив бризової циркуляції, так як зменшення швидкостей вітру йде від берега вглиб суші.

Друга карта була побудована за допомогою програми WindNinja-2.1.3. Дана програма дозволяє здійснювати розрахунки швидкості схилового вітру, враховуючи такі параметри, як відносна висота точки, тип рослинності, температура повітря [3]. На карті видно, що найбільші швидкості вітру спостерігаються на вершинах і вододілах, а найменші – у пониженнях. Даний розподіл є не зовсім вірним, оскільки при побудові карти не враховувалися горно-долинні вітри і бризи, що грають основну роль у формуванні вітрового режиму досліджуваної території [3].

Враховуючи отримані карти можна зробити висновок, що найбільші швидкості вітру спостерігаються вздовж південно-східного узбережжя, в долинах, а також зі збільшенням відносної висоти місцевості.

Згідно [4] для вибору ділянки під будівництво ВЕС необхідно враховувати наступні чинники:

- середня швидкість вітру на висоті 25 м над рівнем землі – не менше 5,5 м/с;

- висота земної поверхні над рівнем моря – не вище 1000 м (з метою запобігання проблем, пов'язаних з обмерзанням, яке може перешкоджати нормальній роботі вітротурбін);

- кут нахилу поверхні не більше 5 ° (для запобігання проблем, пов'язаних з турбулентністю повітря);

- розміри ділянки не менше 1 км², де можна було б побудувати вітротурбіни, потужністю як мінімум 5 МВт кожна, враховуючи вітротурбіни середнього розміру.

Нами при виборі ділянок використовувалися наступні чинники: крутизна поверхні, сучасна структура землекористування на досліджуваній території, площа території не менше 1 км².

Щодо пункту, який стосується висоти над рівнем моря, вся територія характеризується абсолютними висотами менше 1000 м.

Для визначення ділянок, найбільш перспективних для будівництва вітроелектростанцій на території Південно-Східного Криму за допомогою програми Arc GIS на основі космічного знімка SRTM (просторове розширення 90 м) була побудована карта крутизни схилів, яка в подальшому була перекласифікована на 2 класи – крутизна схилу менше 5° і більше 5°.

На основі топографічної карти масштабу 1:50 000 і космічного знімка Landsat-5 (просторове розширення 30 м) була складена карта сучасної структури землекористування. За допомогою карти були виділені категорії просторових об'єктів, які є найбільш перспективними для будівництва ВЕС. До них відносяться невикористовувані території зі степовими угрупованнями та чагарниками. Всі інші категорії були виключені з аналізу.

Накладення карти крутизни земної поверхні і карти структури землекористування дозволило виявити території, які теоретично можна було б використовувати для будівництва ВЕС. Далі всі отримані контури були оцифровані і розрахована їх площа. Території, площа яких склала менше 1 км² були виключені з аналізу. Таким чином, була отримана карта ділянок, найбільш перспективних для будівництва ВЕС на території Південно-Східного Криму (рис. 3).

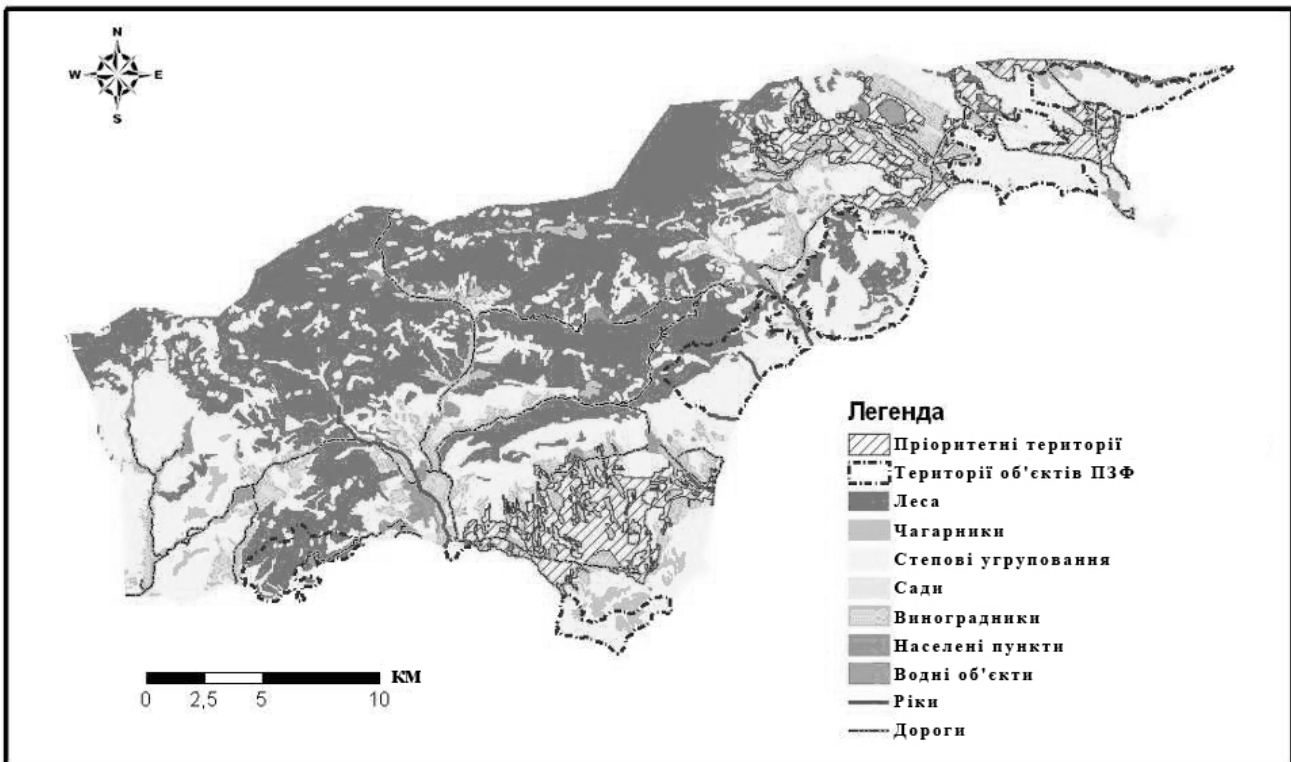


Рис. 3 – Карта територій пріоритетних для використання вітроустановок в Південно-Східному Криму.

Проаналізувавши отриману карту територій, пріоритетних для використання вітрової енергії, можна сказати, що отримані області тяжіють до трьох населених пунктів – Феодосія, Коктебель і Судак. Найбільшим за площею є ділянка, що тяжіє до Судака, хоча швидкості вітру в ньому найменші серед розглянутих ділянок.

Найбільшою потужністю вітрового потоку володіють території, прилеглі до селища Коктебель (дані взяті з метеостанції Карадаг) – 1851,2 МВт/м². Не набагато меншою потужністю володіють території околиць м. Феодосія – 1772,3 МВт/м². 1447,5 МВт/м² – такий показник потужності вітрового потоку характеризує території поблизу м. Судак. В результаті проведених розрахунків виявили, що на пріоритетних ділянках можна розмістити 126 вітроустановок. Маючи номінальну потужність вітроустановки 5 МВт на сьогоднішній день можливо отримати лише 3·10⁴% від природного потенціалу, що складає 2489 ГВт·год/рік.

Ландшафтний потенціал використання сонячних енергетичних установок. Для аналізу ландшафтного потенціалу використання сонячних енергетичних установок території Південно-Східного Криму за допомогою програми Arc GIS на основі космічного знімка SRTM (просторове розширення 90 м) були побудовані карти надходження сумарної сонячної радіації за рік і за кожен місяць за методикою, викладеною в [5].

Враховуючи той факт, що сонячні батареї можна встановлювати на схили, орієнтуючи їх на експозицію та кут з максимальним надходженням сонячної радіації, максимальне значення, яке можна отримати, встановивши батарею на схили з мінімумом надходження сонячної радіації, прирівнюється до максимального за територією. Таким чином, на основі максимальних значень сумарної сонячної радіації за кожен місяць (табл. 2) була розрахована максимальна потенційна потужність, яку можна отримати при використанні сонячних установок на території Південно-Східного Криму (табл. 3).

Таблиця 2 – Максимальна сумарна сонячна радіація по місяцях

Місяць	Сумарна сонячна радіація, кВ·год/м ²	Місяць	Сумарна сонячна радіація, кВ·год/м ²
1	41,5	7	185,3
2	61,1	8	162,1
3	110,5	9	120,0
4	144,4	10	81,3
5	178,3	11	45,6
6	182,3	12	30,6

Таблиця 3 – Максимальна потенційна потужність сонячних установок на основі максимальних показників сонячної радіації

Місяць	Максимальна потенційна потужність, кВт·год/м ²	Місяць	Максимальна потенційна потужність, кВт·год/м ²
1	7,1	7	31,5
2	10,4	8	27,6
3	18,8	9	20,4
4	24,5	10	13,8
5	30,3	11	7,8
6	31,0	12	5,2

При цьому сонячні батареї не можна встановлювати біля підніжжя схилів, де вони будуть перебувати в тіні. З метою визначення ділянок схилів, що знаходяться в постійній тіні за допомогою програми Arc GIS були побудовані карти затінення по місяцях. Діапазон отриманих значень

варіює від 0 до 255, де 0 відповідає ділянці, що знаходяться в тіні [6]. Для даної території нульові значення спостерігаються лише протягом 6 місяців: з жовтня по березень. В інші 6 місяців абсолютної тіні не спостерігається на досліджуваній території.

Враховуючи структуру сучасного землекористування, були виділені наступні просторові категорії об'єктів, на яких можливе будівництво сонячних установок: населені пункти, ділянки з чагарниковими та степовими угрупованнями. Всі інші території не враховувалися. Також були вилучені території, виділені на основі аналізу затінення території схилами. У результаті була отримана карта територій, пріоритетних для використання сонячної енергії (рис. 4).

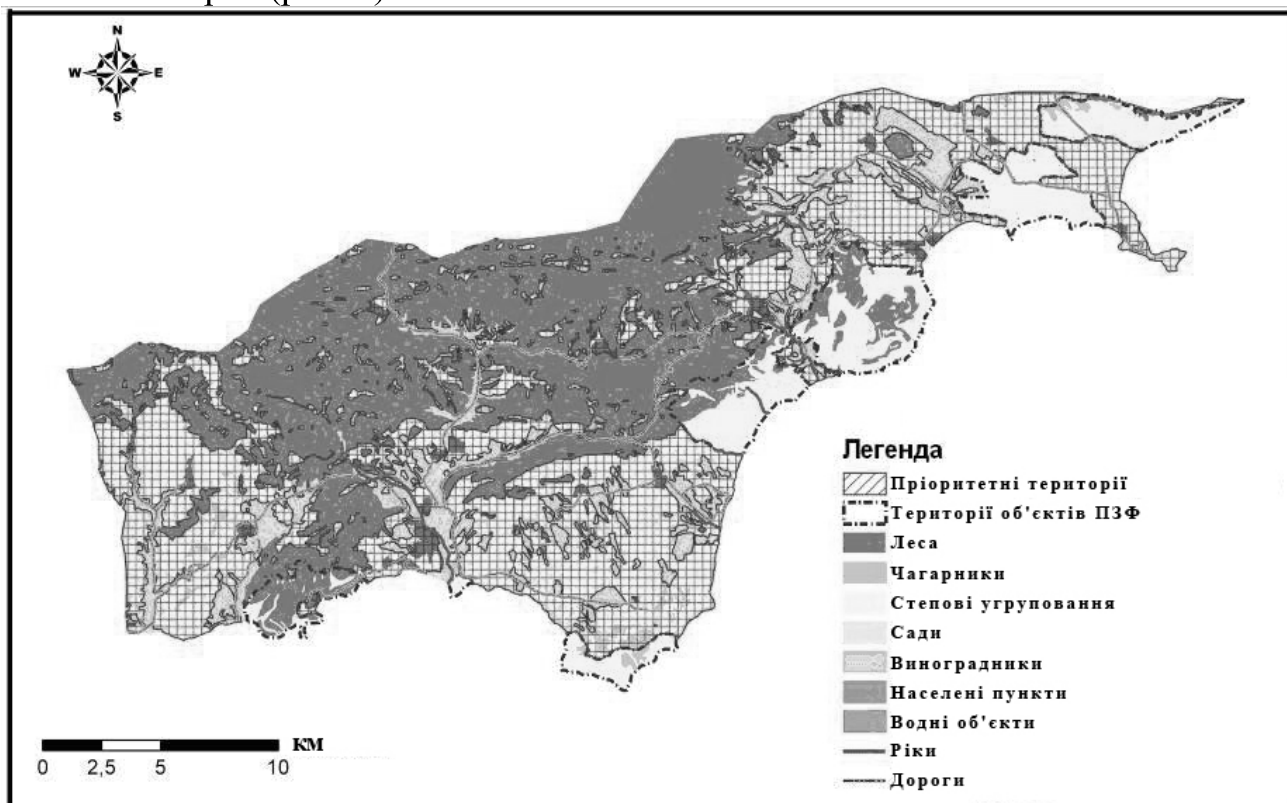


Рис. 4 – Карта територій пріоритетних для використання сонячної енергії.

Площа пріоритетних територій, на яких можна використовувати енергію сонця складає 226,3 км². Була розрахована потенційна кількість енергії, яку можна отримати з пріоритетної території (табл. 4). Таким чином, при використанні сонячної енергії потенційна кількість енергії, яку можна отримати з досліджуваної території становить 51,7 ТВт·год.

Ландшафтний потенціал використання біоенергетичних установок. Для аналізу потенціалу біомаси, яку можна використовувати для виробництва енергії на території Південно-Східного Криму, був визначений індекс NDVI (Normalized Difference Vegetation Index – нормований індекс диференціації рослинності), який показує просторову диференціацію кількості зеленої фітомаси.

**Таблиця 4 – Потенційна кількість енергії,
яку можна отримати з пріоритетної території**

Місяць	Потенційна кількість енергії, ТВт·год	Місяць	Потенційна кількість енергії, ТВт·год
1	1,6	7	7,1
2	2,4	8	6,2
3	4,3	9	4,6
4	5,6	10	3,1
5	6,9	11	1,8
6	7,0	12	1,2
Рік			51,7

Так, чим більше значення індексу NDVI (для знімка літнього періоду), тим вище кількість біомаси [7]. На основі індексу NDVI були оцінені загальні запаси біомаси на території Південно-Східного Криму. Найбільшими запасами біомаси володіють заліснені території, але використовувати ліси для виробництва енергії екологічно недоцільно. Далі за запасами біомаси слідують сади і виноградники. Як показано в роботі [8], в якості біопалива на території Кримського півострова раціонально використовувати відходи сільськогосподарського виробництва, зокрема, виноградну лозу і відходи садівництва (гілки після обрізки плодових культур).

Вирахувавши по мапі сучасного землекористування площі виноградників і садів було розраховано максимальну кількість енергії, яку потенційно можна отримати, використовуючи дані види біомаси (табл. 5). Для цього площі виноградників і садів множилися на середню врожайність, а потім на теплоту згорання [8].

Таблиця 5 – Потенційна кількість енергії, яку можна отримати від біопалива

Вид біопалива	Площа, га	Середня урожайність, т/га	Теплота згорання (при вологості 20 %), МДж/кг	Потенційна кількість енергії, МВт·год
Виноградна лоза	5215,7	2-4	16	46357,5
Відходи садівництва	407,0	2-8	10,5	2374,7

З таблиці 5 видно, що максимумом потенційної енергії характеризується виноградна лоза, а площа виноградників набагато перевищує площу садів, що робить виноградну лозу пріоритетним видом альтернативного палива. Однак, розрізнене поширення виноградників по території Південно-Східного Криму (рис. 5) ускладнює використання виноградної лози, так як виникають проблеми з транспортуванням біопалива до пункту переробки.

Районування території за ландшафтним потенціалом використання альтернативних джерел енергії. Шляхом накладення карти територій, пріоритетних для використання енергії вітру, сонця і біоенергії, була отримана карта районування території Південно-Східного Криму за потенціалом використання альтернативних джерел енергії (рис 6).

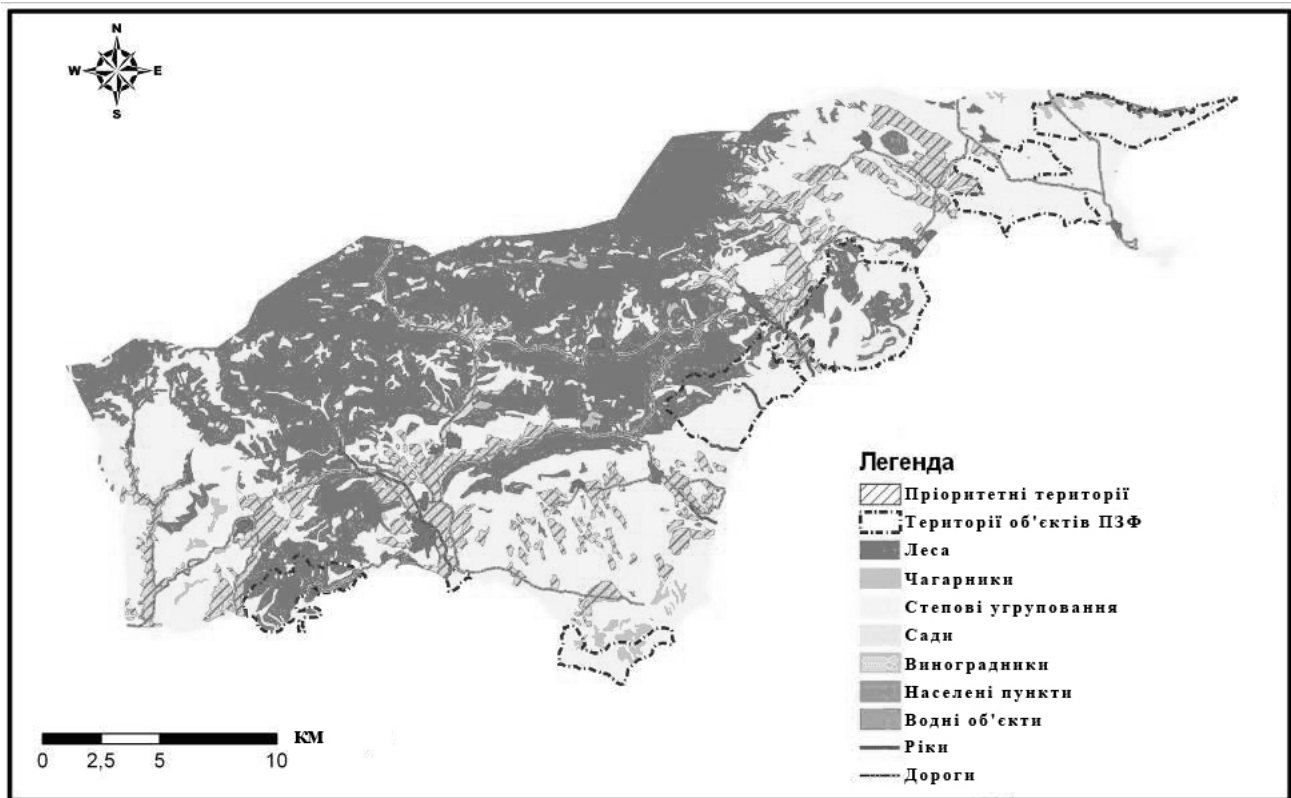


Рис. 5 – Карта територій пріоритетних для використання біоенергії.

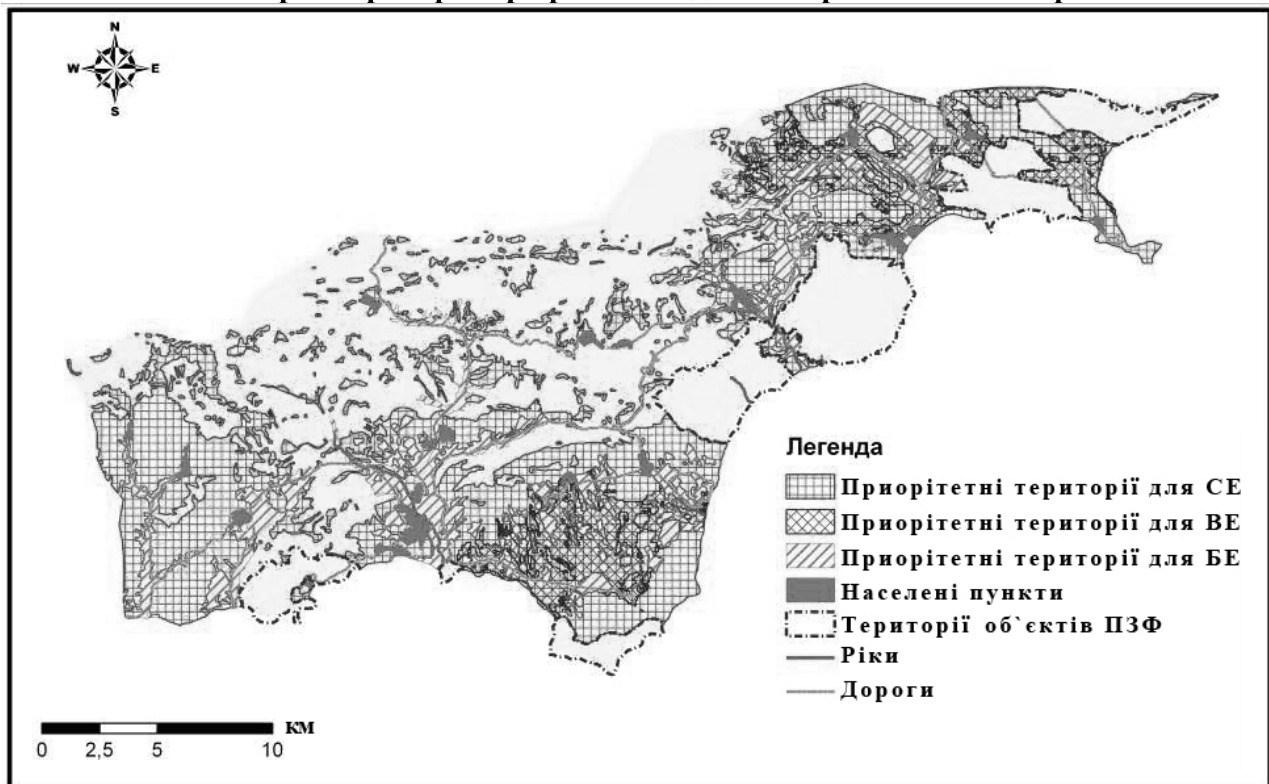


Рис. 6 – Карта районування території за потенціалом використання альтернативних джерел енергії.

На карті видно, що зони перетинаються один з одним і тяжіють до населених пунктів, що є позитивним чинником для розвитку альтернативної енергетики.

Для територій, де йде перетин потенціалу використання енергії вітру і сонця, можливе використання комбінованих сонячно-вітрових установок,

що дозволить отримати більшу кількість енергії і нівелювати мінімуми в надходженні енергії.

Необхідно відзначити, що не всі об'єкти, придатні для використання альтернативної енергії були враховані в розробленому районуванні. Так, сільськогосподарські угіддя не були включені до області пріоритетних для використання сонячних установок. Однак, не виключається можливість використання сонячних установок для забезпечення електроенергією систем зрошення, освітлення складських приміщень, інших господарських будівель.

Також при аналізі потенціалу використання сонячної енергії були вилучені території об'єктів природно-заповідного фонду. Але використання сонячних батарей на дахах адміністративних будівель вважається можливим і раціональним.

Висновки.

1. Розрахувавши ландшафтний потенціал використання енергії вітру виявлено, що найбільшою природною потужністю вітрового потоку володіють території, прилеглі до с.м.т. Коктебель – 1851,2 МВт/м². Не набагато меншою потужністю володіють території околиць м. Феодосія – 1772,3 МВт/м². Території околиць м. Судак характеризується потужності вітрового потоку, що дорівнюють 1447,5 МВт/м².

2. Ландшафтний потенціал використання сонячної енергії значно перевищує потенціал використання інших поновлюваних джерел енергії. Потенційна кількість енергії, яку можливо отримати з території площею 226,6 км² при використанні сонячної енергії на досліджуваній території, становить 51,7 ТВт·год.

3. Найменшим ландшафтним потенціалом володіє енергія біомаси. Потенційна кількість енергії, яку можливо отримати, використовуючи виноградну лозу в якості біопалива становить 46,4 ГВт год, а кількість енергії від використання гілок плодкових дерев в якості біопалива дорівнює 2,4 ГВт год.

4. Шляхом накладення карт територій, пріоритетних для використання енергії вітру, сонця і біоенергії, була отримана карта районування території Південно-Східного Криму за потенціалом використання альтернативних джерел енергії. Виділені зони, пріоритетні для використання енергії вітру, сонця і біоенергії, перетинаються один з одним і тяжіють до населених пунктів, що є позитивним чинником для розвитку альтернативної енергетики.

Список літератури

1. Справочник по климату СССР. Вып. 10. Украинская ССР. Ч. 3. Ветер. – Л. : Гидрометеиздат, 1967. – 699 с.
2. Руководство по строительной климатологии (пособие по проектированию). – М. : Стройиздат, 1977. – 328 с.
3. Forthofer J. M. Modeling wind in complex terrain for use in fire spread prediction (master's thesis) / J. M. Forthofer. – Fort Collins, CO: Colorado State University, 2007 – 123 p.
4. Устойчивый Крым. Энергетическая стратегия XXI века. – Симферополь : Экология и мир, 2001. – 400 с.
5. Область солнечного излучения (Area Solar Radiation) (Spatial Analyst) // Справка ArcGIS 10.1. — <http://resources.arcgis.com/ru/help/main/10.1/index.html#na/009z000000t5000000/>.
- 6.

Отмывка (Hillshade) (Spatial Analyst) // Справка ArcGIS 10.1. – [Эл.ый ресурс] – Режим доступа: <http://resources.arcgis.com/ru/help/main/10.1/index.html#na/009z000000v0000000/7>. NDVI – теория и практика // GIS-Lab – Географические информационные системы справка и дистанционное зондирование. – [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://gis-lab.info/qa/ndvi.html>. 8. *Алексашкин И. В.* Перспективы использования биотоплива в Крыму на примере виноградной лозы / И. В. Алексашкин, В. О. Яшенков, Е. П. Поляков // Культура народов Причерноморья. – 2009. – №156 – С.7–9.

***Позаченюк К.А., Горбунова Т.Ю., Горбунов Р.В.* Аналіз ландшафтного потенціалу використання відновлюваної енергетики на території Південно-Східного Криму.**

У роботі дано аналіз ландшафтного потенціалу використання відновлюваної енергетики на території Південно-Східного Криму. Запропоновано районування території за можливістю використання альтернативних джерел енергії.

Ключові слова: відновлювані джерела енергії, Південно-Східний Крим, ландшафтний потенціал, районування, вітроенергетика, сонячна енергетика, біоенергетика.

***Pozachenyuk K., Gorbunov T., Gorbunov R.* Analysis of the landscape potential of renewable energy in South-Eastern Crimea.**

In the paper analyzes of the landscape potential of renewable energy in the South-Eastern Crimea is shown. Zoning of the territory for the using of alternative energy sources is proposed.

Keywords: renewed energy sources, South-Eastern Crimea, landscape potential, zoning, wind energy, solar energy, bio-energy.

***Позаченюк Е.А., Горбунова Т.Ю., Горбунов Р.В.* Анализ ландшафтного потенциала использования возобновляемой энергетики на территории Юго-Восточного Крыма.**

В работе дан анализ ландшафтного потенциала использования возобновляемой энергетики на территории Юго-Восточного Крыма. Предложено районирование территории по возможности использования альтернативных источников энергии.

Ключевые слова: возобновляемые источники энергии, Юго-Восточный Крым, ландшафтний потенціал, районування, ветроенергетика, солнечная энергетика, биоэнергетика.

Надійшла до редколегії 31.07.2013

УДК 551.574.4

Пясецька С.І.

*Український науково-дослідний
гідрометеорологічний інститут*

**ПРОСТОРОВЕ РОЗПОВСЮДЖЕННЯ ВІДКЛАДЕНЬ ОЖЕЛЕДІ
НА ТЕРИТОРІЇ УКРАЇНИ ПРОТЯГОМ 2001-2010 РР.
ЗА ДАНИМИ СТАНДАРТНОГО ОЖЕЛЕДНОГО СТАНКА**

Ключові слова: ожеледь, число випадків, стандартний ожеледний станок

Вступ. Ожеледо-паморозеві утворення і зокрема відкладення ожеледі є дуже поширеним явищем у холодний період року в Україні.

Дослідження фізико-географічних особливостей просторового розподілу ожеледо-паморозевих відкладень на території України було

ISSN 0868-6939 Фізична географія та геоморфологія. – 2013. – Вип. 3(71)