

Yavorckaya V. V., Svetlichnaya D. A. Солнечноэнергетические ресурсы Одесской области и методика их оценки = Solar energy resources of Odessa region and methods of its evaluation. Journal of Education, Health and Sport. 2016;6(10):68-78. eISSN 2391-8306. DOI <http://dx.doi.org/10.5281/zenodo.160192> <http://ojs.ukw.edu.pl/index.php/johs/article/view/3927>

The journal has had 7 points in Ministry of Science and Higher Education parametric evaluation. Part B item 755 (23.12.2015).
755 Journal of Education, Health and Sport eISSN 2391-8306 7

© The Author (s) 2016;
This article is published with open access at Licensee Open Journal Systems of Kazimierz Wielki University in Bydgoszcz, Poland
Open Access. This article is distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Noncommercial License which permits any noncommercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original author(s) and source are credited. This is an open access article licensed under the terms of the Creative Commons Attribution Non Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>) which permits unrestricted, non commercial use, distribution and reproduction in any medium, provided the work is properly cited.
This is an open access article licensed under the terms of the Creative Commons Attribution Non Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>) which permits unrestricted, non commercial use, distribution and reproduction in any medium, provided the work is properly cited.
The authors declare that there is no conflict of interests regarding the publication of this paper.
Received: 03.10.2016. Revised 11.10.2016. Accepted: 12.10.2016.

УДК 911.3

СОЛНЕЧНОЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ РЕСУРСЫ ОДЕССКОЙ ОБЛАСТИ И МЕТОДИКА ИХ ОЦЕНКИ

В. В. Яворская, Д. А. Светличная

**Одесский национальный университет им. И. И. Мечникова,
Кафедра экономической и социальной географии и туризма**

Резюме

Цели. Важным стратегическим направлением развития энергетики в Украине является использование нетрадиционных возобновляемых источников энергии, что является одним из важных критериев устойчивого развития общества. Необходимость использования нетрадиционных возобновляемых источников энергии обуславливается исчерпанием запасов органических видов топлива, резко возросшей цены на них, несовершенная и низкая эффективность технологий их использования, вредное воздействие на окружающую среду, последствия которого все больше и больше беспокоят мировое сообщество. Одним из перспективных видов возобновляемых источников энергии является энергия солнца. Кроме того, вся территория Украины пригодна для развития систем теплоснабжения с использованием солнечной энергии. Основываясь на этих постулатах и выполнена представленная в статье пространственно-распределенная оценка солнечноэнергетических ресурсов Одесской области.

Материалы и методы. В качестве материалов для написания статьи использованы публикации отечественных и зарубежных ученых в области использования нетрадиционных возобновляемых источников энергии, включая статьи в отечественных и зарубежных

периодических научных изданиях, монографические и учебно-методические издания, нормативно-правовые акты.

В ходе анализа материалов применены общенаучные методы исследований – сравнение, описание, анализ, синтез, обобщение, системный подход.

Основные результаты и выводы. В основу оценки потенциальных солнечноэнергетических ресурсов положено использование следующих категорий солнечноэнергетических ресурсов: естественный солнечноэнергетический потенциал (ЕСЭП) и технические солнечноэнергетические ресурсы (ТСЭР). Было выполнено обоснование величин, входящих в формулы оценки потенциальных солнечноэнергетических ресурсов. На основании результатов оценки потенциальных солнечноэнергетических ресурсов с помощью геоинформационных систем и технологий были построены карты: удельных (отнесенных к 1 м²) ТСЭР для территории Одесской области, которая является базовой для вычисления средствами ГИС суммарных ТСЭР для любой территории, а также карта средних для административных районов области удельных технических солнечноэнергетических ресурсов, построенная программными средствами ГИС-пакета ArcGIS Advanced. Анализ построенных карт показывает, что наибольшими удельными ТСЭР облают южные административные районы области – Килийский, Измаильский, Татарбунарский, Ренийский, города Измаил, Белгород-Днестровский, Черноморск - 145-147 кВт час/(м² год), наименьшими – северные административные районы: Кодымский, Подольский, Балтский, Савранский и г. Подольск (130-134 кВт час/(м² год).

Ключевые слова: потенциальные солнечноэнергетические ресурсы, Одесская область, пространственно-распределенная оценка, ГИС-технологии.

SOLAR ENERGY RESOURCES OF ODESSA REGION AND METHODS OF ITS EVALUATION

V. V. Yavorckaya, D. A. Svetlichnaya

Odessa I. I. Mechnikov National University,

Department of Economic and Social Geography and Tourism

Abstract

Purpose. Important strategic direction of development of energy sector of Ukraine is the use of renewable energy resources, which is one of the important criteria of sustainable development of

the society. The necessity of using alternative renewable energy resources is caused by the depletion of fossil fuels, sharply increased prices for them, imperfect technologies and low efficiency of their usage, harmful effects on the environment. One of the most promising types of renewable energy is the solar energy. Besides, the entire territory of Ukraine is suitable for the development of district heating systems using solar energy. Based on these postulates was executed spatially-distributed evaluation of solar energy resources of Odessa region.

Data & Methods. Publication of home and foreign scientists in the field of using alternative renewable resources of energy, including articles in national and foreign scientific journals, monographs and academic publications, regulatory legal acts are used for writing this article.

For the analysis of the materials general scientific research methods - comparison, description, analysis, synthesis, generalization, induction and deduction, the system approach, are used

Results. The basis of evaluation of potential solar energy resources constitutes the following categories: natural solar energy potential (NSEP) and technical solar energy resources (TSER). Justification of the quantities involved in the evaluation of solar energy potential resources was carried out. Based on the results of the evaluation of solar energy potential resources using geographic information systems and technologies following maps were built: specific TSER (referred to 1 m²) for the Odessa region, which can be the base for the calculation by GIS of TSER for any territory, and the map of average specific TSER for administrative districts, which was built by ArcGIS Advanced GIS package. Analysis of maps shows that the southern administrative districts of the region - Kiliyskiy, Izmailskiy, Tatarbunarskiy, Reniiyskiy, cities: Izmail, Belgorod-Dnestrovskiy, Chernomorsk have the largest specific TSER - 145-147 kWh/(m² year), the smallest - the northern administrative districts: Kodymskiy, Podolskiy, Baltskiy, Savranskiy and Podolsk city (130-134 kWh / (m² year).

Keywords: potential solar energy resources, Odessa region, spatial-distributed evaluation, GIS technology.

СОНЯЧНОЕНЕРГЕТИЧНІ РЕСУРСИ ОДЕСЬКОЇ ОБЛАСТІ ТА МЕТОДИКА ЇХ ОЦІНКИ

В. В. Яворська, Д. О. Світлична

**Одеський національний університет ім. І. І. Мечникова,
Кафедра економічної та соціальної географії і туризму**

Резюме

У статті наводиться методика і результати засновані на застосуванні геоінформаційних технологій просторово-розподіленої оцінки потенційних сонячноенергетичних ресурсів Одеської області (Україна), площею 33,3 тис. км², за категоріями: природний сонячноенергетичний потенціал, технічний сонячноенергетичний потенціал.

Ключові слова: потенційні сонячноенергетичні ресурси, Одеська область, просторово-розподілена оцінка, ГІС-технології.

Введение

Важным стратегическим направлением развития энергетики в Украине является использование нетрадиционных возобновляемых источников энергии, что является одним из важных критериев устойчивого развития общества. Необходимость использования нетрадиционных возобновляемых источников энергии обуславливается исчерпанием запасов органических видов топлива, резко возросшей цены на них, несовершенная и низкая эффективность технологий их использования, вредное воздействие на окружающую среду, последствия которого все больше и больше беспокоят мировое сообщество.

Одним из перспективных видов возобновляемых источников энергии является энергия солнца. Мощность потока солнечного излучения, достигающего поверхности Земли, составляет около 2000 млрд кВт и использование лишь 0,01% общего потока солнечной энергии могли бы полностью обеспечить потребности человечества в энергии [4]. При этом солнечная энергия является возобновляемой и неисчерпаемой.

В Украине годовое поступление солнечного излучения находится на одном уровне со странами, которые активно используют солнечные коллекторы (Швеция, Германия, США и т.д.). Вся территория Украины пригодна для развития систем теплоснабжения с использованием солнечной энергии.

Необходимость в переходе к энергетически эффективным и экологически чистым технологиям, которыми являются возобновляемые источники энергии, связана также с проблемами эффективности использования традиционных источников энергии. Причинами этого являются устаревшие технологии, исчерпание ресурсов использования основных фондов генерации электроэнергии и тепла, что вместе с низкой эффективностью использования топлива приводит к значительным объемам выбросов вредных веществ. Значительные потери при транспортировке, распределении и использовании электроэнергии и тепла, а также монопольная зависимость от импорта энергоносителей еще более осложняют ситуацию на энергетическом рынке страны.

Основываясь на этих постулатах и выполнена представленная в статье пространственно-распределенная оценка солнечноэнергетических ресурсов Одесской области - одного из регионов Украины, самой большой по площади (33313 км²) административной области страны, расположенной на крайнем ее юго-западе, на западе граничащей с Республикой Молдова, а с юга омываемой водами Черного моря.

Материалы и методы исследования

В основу оценки потенциальных солнечноэнергетических ресурсов положено использование следующих категорий солнечноэнергетических ресурсов: естественный солнечноэнергетический потенциал (ЕСЭП) и технические солнечноэнергетические ресурсы (ТСЭР) в следующей трактовке этих категорий:

— естественный солнечноэнергетический потенциал – количество энергии солнечного излучения, поступающее в течение года на 1 м² горизонтальной поверхности, выраженный в кВт·час/м²;

— технические солнечноэнергетические ресурсы – количество энергии, которое может быть получено в пределах рассматриваемой территории за год имеющимися или перспективными техническими средствами за счет усвоения ЕСЭП. В настоящее время солнечную энергию преобразуют либо в электрическую с использованием кремниевых фотоэлектрических преобразователей, либо в тепловую, путем, так называемого, прямого использования преимущественно для отопления и горячего водоснабжения зданий. Наиболее удобным для использования видом энергии является электрическая, в связи с чем ТСЭР целесообразно выражать в кВт·час/год или в млн. кВт·час/год. По-видимому, полезным является также и использование такой категории как удельные технические солнечноэнергетические ресурсы, как ТСЭР, отнесенные к единице площади (1 м²) рассматриваемой территории;

Величина ЕСЭП численно равна годовой суммарной солнечной радиации, выраженной в соответствующих единицах. Величина же ТСЭР является функцией не только

количества поступающей на земную поверхность солнечной радиации, но и существующие или перспективные возможности ее утилизации. При оценке технических солнечноэнергетических ресурсов некоторой территории применительно к потребностям гелиоэнергетики необходимо учесть: негоризонтальность поверхности фотоэлектрических преобразователей; коэффициенты полезного действия (КПД) используемых или планирующихся к использованию фотоэлектрических преобразователей; КПД других компонентов солнечной электростанции (СЭС) (контроллеров, инверторов, аккумуляторов, проводов); суммарную площадь солнечных батарей, которые могут быть установлены в пределах данной территории [1; 3-9].

Таким образом, формула расчета ТСЭР некоторой территории будет иметь вид:

$$N_{\text{тс}} = 10^{-2} N_{\text{ес}} K_y K_{\text{кдф}} K_{\text{кдс}} \eta F, \quad (1)$$

где $N_{\text{тс}}$ – технические солнечноэнергетические ресурсы рассматриваемой территории площадью F км², млн. кВт·час/год; $N_{\text{ес}}$ – средний для рассматриваемой территории естественный солнечноэнергетический потенциал, кВт·час/м²; K_y – коэффициент, учитывающий влияние угла наклона солнечных панелей к горизонту; $K_{\text{кдф}}$ – коэффициент полезного действия фотоэлектрических преобразователей, доли единицы; $K_{\text{кдс}}$ – суммарный коэффициент полезного действия других компонентов СЭС с учетом влияния дополнительных факторов; η – относительная площадь поверхности фотоэлектрических преобразователей в пределах рассматриваемой территории в % от площади рассматриваемой территории.

С учетом размерностей входящих в (1) величин удельные технические солнечноэнергетические ресурсы ($N_{\text{утс}}$) определяются выражением

$$N_{\text{утс}} = N_{\text{ес}} K_y K_{\text{кдф}} K_{\text{кдс}} \quad (2)$$

Анализ выражений (1)-(2) показывает, что степень уменьшения ТСЭР относительно ЕСЭП в первую очередь определяется коэффициентом полезного действия (КПД) фотоэлектрических преобразователей.

Подлежит оценке также КПД вспомогательных устройств солнечной электростанции (контроллера, инвертора, аккумулятора, проводов), обеспечивающих передачу и накопление электроэнергии. При оценке ТСЭП необходимо также учитывать снижение эффективности СЭС за счет повышенной температуры модулей (особенно летом), загрязнения поверхности солнечной панели, в процессе работы солнечной батареи в период низкого уровня солнечного излучения [7].

Нуждается в обосновании также и суммарная площадь солнечных панелей в пределах рассматриваемой территории.

Результаты исследований и их обсуждение

Оценка ЕСЭП затруднений не вызывает, поскольку, он численно равен годовой суммарной солнечной радиации, поступающей на горизонтальную поверхность, выраженной в соответствующих единицах. Пространственное же распределение годовых величин суммарной солнечной радиации (выраженные в МДж/м²) для любого региона Украины, в том числе и для Одесской области, представлено на соответствующей карте Национального атласа Украины [2]. Для территории Украины также построена карта годовых величин суммарной радиации, выраженная в кВт·час/м², то есть уже единицах ЕСЭП, в европейском Институте энергии и транспорта [10]. В соответствии с [10] в пределах Одесской области ЕСЭП закономерно увеличивается с севера на юг с 1140 кВт·час/ м² до 1330 кВт·час/ м², достигая наибольших значений на юге Килийского района.

Величина же ТСЭР для некоторой территории рассчитывается по формуле (1), в которой подлежат обоснованию следующие параметры: $K_{\text{кдф}}$ – коэффициент полезного действия фотоэлектрических преобразователей, доли единицы; $K_{\text{кдк}}$ – суммарный коэффициент полезного действия других компонентов СЭС с учетом влияния дополнительных факторов; K_{γ} – коэффициент, учитывающий влияние угла наклона солнечных панелей к горизонту и η – относительная площадь поверхности фотоэлектрических преобразователей в пределах рассматриваемой территории и в % от площади рассматриваемой территории.

Коэффициент полезного действия фотоэлектрических преобразователей, который для наиболее широко в настоящее время использующихся и массово выпускаемых промышленностью кремниевых фотоэлементов (более 80% рынка) по разным источникам [3; 5-8] составляет от 10-14 до 15–20%, но уже в ближайшие годы ожидается увеличение КПД кремниевых фотоэлементов на несколько процентов. Теоретический максимальный КПД кремниевых фотоэлементов в соответствии с [8] составляет 33,7%.

Вспомогательные устройства солнечной электростанции (контроллер, инвертор, аккумулятор, провода), обеспечивающие передачу и накопление электроэнергии, также влияют на общий КПД солнечной электростанции, снижая вырабатываемый фотоэлементами электрический ток на 10-25% [3; 6]. При оценке ТСЭП необходимо также учитывать снижение эффективности СЭС за счет повышенной температуры модулей (особенно летом), загрязнения поверхности солнечной панели, в процессе работы солнечной батареи в период низкого уровня солнечного излучения. Общее снижение эффективности СЭС от воздействия перечисленных факторов составляет 20-50% [7].

С учетом вышеизложенного, при расчете ТСЭП регионов Украины на краткосрочную перспективу представляется возможным КПД промышленных фотоэлементов принять равным 15% (то есть $K_{\text{кдф}}=0,15$), а снижение эффективности СЭС под влиянием вспомогательных устройств и дополнительных факторов равным 35% (то есть $K_{\text{кдк}}=0,65$). Таким образом, общий КПД СЭС близок к 0,1.

Поправочный коэффициент K_y при оптимальном угле наклона солнечных батарей в соответствии с [10] равен 1,15.

В отношении суммарной площади солнечных панелей в пределах некоторой территории нет каких либо конкретных рекомендаций. Мировым лидером в развитии солнечной энергетики является Германия, в которой к 2020 году поставлена цель достичь уровня в 51,8 ГВт установленных мощностей СЭС [9]. Если исходить из того, что мощность 1 м^2 солнечных батарей в Западной Европе среднем близка к 0,1 кВт, то суммарная площадь солнечных панелей будет равна 518 млн. м^2 (518 км^2), что составляет 0,14% площади Федеративной Республики Германии. На цифру 0,15 %, как долю площади региона или его части, которую занимают солнечные панели (η), и будем ориентироваться в дальнейшем при оценке технических потенциальных солнечноэнергетических ресурсов Одесской области. При этом общая площадь солнечных панелей в пределах области будет составлять 50 млн. м^2 .

Таким образом, основу цифровой пространственно-распределенной базы солнечноэнергетических ресурсов любой территории составляет карта естественного солнечноэнергетического потенциала, которая строится на основе цифровой карты суммарной солнечной радиации (ССР). В качестве базовой карты суммарной солнечной радиации использована карта ССР из Национального атласа Украины [2]. Создание на ее основе цифровой карты ЕСЭР выполнено в среде ГИС пакета ArcGIS Advanced путем оцифровки изолиний ССР в пределах области и непосредственно прилегающей к ней территории, последующей пространственной интерполяции значений ССР по ячейкам раstra размером 3697 строк x 3858 столбцов с использованием метода обратной дистанции и последующего преобразования карты ССР в карту ЕСЭП программными средствами ГИС-пакета.

На основе карты ЕСЭП аппарат картографической алгебры, реализованный в современных ГИС-пакетах, позволяет выполнить все предусмотренные выражением (2) операции для построения карты удельных (отнесенных к 1 м^2) ТСЭР для территории Одесской области (рис. 1), которая является базовой для вычисления средствами ГИС суммарных ТСЭР для любой территории. В частности, на рис. 2 представлена карта средних для административных районов области удельных технических солнечноэнергетических

ресурсов, построенная с использованием карты удельных ТСЭР, карты административных районов области и значения параметра η , равного 0,15%, программными средствами ГИС-пакета ArcGIS Advanced. Соответствующие значения ТСЭР приведены в табл. 1.

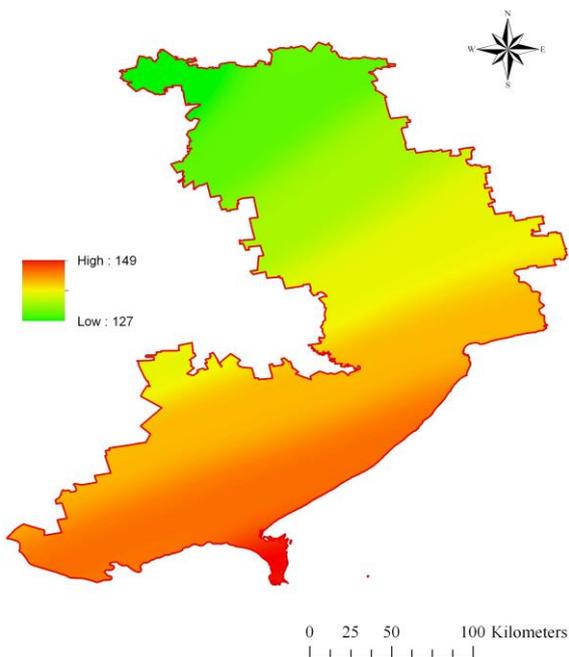


Рис. 1. Пространственное распределение удельных технических солнечно-энергетических ресурсов, кВт·час/(м² год)

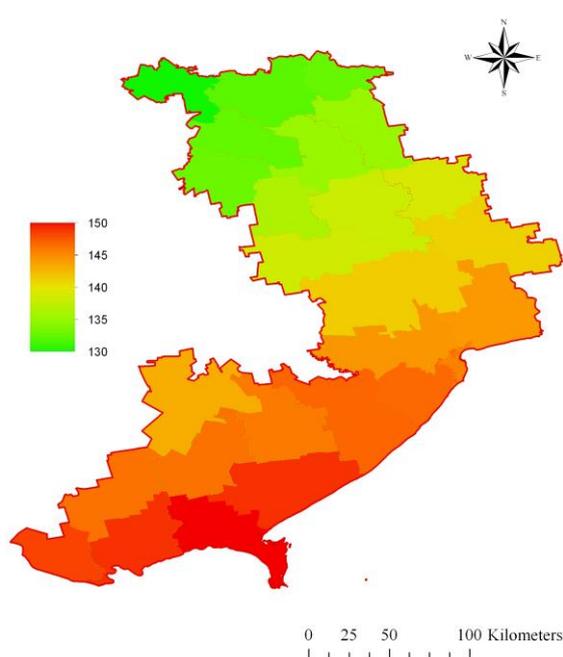


Рис. 2. Средние по административным районам области удельные технические солнечноэнергетические ресурсы, кВт·час/(м² год)

Таблица 1

Технические солнечноэнергетические ресурсы административно-территориальных образований Одесской области

№ п/п	Единица административно-территориального устройства	Общая площадь, км ²	Средне-районные удельные ТСЭР, кВт ч/м ²	Площадь солнечных панелей, млн. м ²	Суммарные ТСЭР, млн. кВт ч/год
1	2	3	4	5	6
1	Ананьевский	1049,77	135,9	1,575	213,931
2	Арцизский	1379,21	144,2	2,069	298,393
3	Балтский	1317,31	133,7	1,976	264,214
4	Березовский	1636,87	140,4	2,455	344,686
5	Б.-Днестровский	1848,91	144,7	2,773	401,270
6	Беляевский	1492,46	142,9	2,239	319,830
7	Болградский	1363,56	144,2	2,045	294,911
8	В.-Михайловский	1435,94	138,4	2,154	298,189
9	Ивановский	1161,96	140,7	1,743	245,146
10	Измаильский	1193,99	146,2	1,791	261,919

11	Килийский	1358,70	147,1	2,038	299,716
12	Кодымский	818,44	130,6	1,228	160,302
13	Лиманский	1488,68	142,7	2,233	318,565
14	Подольский	1026,15	133,9	1,539	206,101
15	Окнянский	1012,87	134,3	1,519	204,024
16	Любашевский	1100,30	135,9	1,650	224,290
17	Николаевский	1092,93	138,8	1,639	227,510
18	Овидиопольский	814,85	144,4	1,222	176,556
19	Ренийский	861,24	145,8	1,292	188,396
20	Раздельнянский	1367,97	140,6	2,052	288,523
21	Савранский	617,46	134,1	0,926	124,183
22	Саратский	1474,50	144,0	2,212	318,441
23	Тарутинский	1873,57	141,9	2,810	398,669
24	Татарбунарский	1747,58	146,3	2,621	383,517
25	Захаровский	956,10	136,8	1,434	196,163
26	Ширяевский	1501,83	138,1	2,253	311,100
27	г. Б. - Днестровский	30,91	145,4	0,046	6,741
28	г. Измаил	53,49	146,3	0,080	11,738
29	г. Черноморск	25,47	144,7	0,038	5,528
30	г. Подольск	14,91	134,0	0,022	2,997
31	г. Одесса	162,42	143,7	0,244	35,010
32	г. Южное	89,5	143,3	0,013	1,924
33	пгт Теплодар	39,78	143,2	0,060	8,545
		33312,29		49,994	7041,028

Выводы

1) Анализ построенных карт (рис. 1 и 2) и табл. 1 показывает, что наибольшими удельными ТСЭР облают южные административные районы области – Килийский, Измаильский, Татарбунарский, Ренийский, города Измаил, Белгород-Днестровский, Черноморск - 145-147 кВт час/(м² год), наименьшими – северные административные районы: Кодымский, Подольский, Балтский, Савранский и г. Подольск (130-134 кВт час/(м² год).

2) Что касается суммарных для административно-территориальных образований ТСЭР, то с учетом их площади лидерами являются Б.-Днестровский, Татарбунарский и Тарутинский районы (380-400 млн. кВт час/год), аутсайдерами - Савранский и Кодымский районы - 120 и 160 млн. кВт час/год, соответственно.

Список использованной литературы

1. Величко С. А. Энергетика навколишнього середовища України (з електронними картами): навчально-методичний посібник для магістрантів / С. А. Величко. – Харків: Харківський національний університет імені В. Н. Каразіна, 2003. – 52 с.
2. Національний атлас України / Ін-т географії НАН України; Держ. служба геодезії, картографії та кадастру; Голов. ред. Л.Г.Руденко. – К.: ДНВП «Картографія», 2008 р. – 440 с.
3. Подбор и расчёт системы на солнечных батареях [Электронный ресурс] //

Perpetuum: [сайт]. – Режим доступа: <http://khd2.narod.ru/gratis/solbat.htm>.

4. Прокопов Г. А. Экологически чистая энергетика: учебное пособие / Г. А. Прокопов. – Симферополь: Таврия. 2004. – 510 с.

5. Расчет средней производительности солнечной батареи [Электронный ресурс] // Solar Soul: [сайт]. – Режим доступа: <http://www.tycoon.by/page/raschet-srednei-proizvoditelnosti-solnechnoi-batarei>.

6. Солнечные электростанции [Электронный ресурс] // Официальный сайт компании «AV PRO»: [сайт]. - Режим доступа: <http://av-pro.com.ua/taxonomy/term/258/0>.

7. Специальный доклад МГЭИК по возобновляемым источникам энергии и смягчению воздействий на изменение климата / Группа технической поддержки Рабочей группы III. Потсдамский институт изучения последствий изменения климата (ПИК). - Межправительственная группа экспертов по изменению климата ВМО, ЮНЕП, 2011. – 247 с.

8. Типы солнечных батарей и их КПД [Электронный ресурс] // Сайт компании «UTEM SOLAR»: [сайт]. – Режим доступа: http://utem.org.ua/materials/show/tipy_solnechnyh_batarey.

9. Фотоэлектрические элементы и модули: история, принцип действия, технологии, применение [Электронный ресурс] // Державний вищий навчальний заклад «Маріупольський будівельний коледж»: [сайт]. - Режим доступу: <http://msk.edu.ua/ivk/Fizika/AK/Z105/fotoelement.htm>.

10. Global irradiation and solar electricity potential (Ukraine) [Electronic resource] // European Commission: [site]. – Mode of access: http://re.jrc.ec.europa.eu/pvgis/cmaps/eu_hor/pvgis_solar_horiz_UA.png.

REFERENCES

1. Velichko S. A. Energetika navkolishn'ogo seredovishha Ukraïni (z elektronimi kartami): navchal'no-metodichnij posibnik dlja magistrantiv / S. A. Velichko. – Harkiv: Harkivs'kij nacional'nij universitet imeni V. N. Karazina, 2003. – 52 s.

2. Nacional'nij atlas Ukraïni / In-t geografii NAN Ukraïni; Derzh. sluzhba geodezii, kartografii ta kadastru; Golov. red. L.G.Rudenko. – K.: DNVP «Kartografija», 2008 r. – 440 s.

3. Podbor i raschjot sistemy na solnechnyh batarejah [Jelektronnyj resurs] // Perpetuum: [sajt]. – Rezhim dostupa: <http://khd2.narod.ru/gratis/solbat.htm>.

4. Prokopov G. A. Jekologicheski chistaja jenergetika: uchebnoe posobie / G. A. Prokopov. – Simferopol': Tavrija. 2004. – 510 s.

5. Raschet srednej proizvoditel'nosti solnechnoj batarei [Jelektronnyj resurs] // Solar Soul: [sajt]. – Rezhim dostupa: <http://vvv.tycoon.by/page/raschet-srednei-proizvoditelnosti-solnechnoi-batarei>.

6. Solnechnye jelektrostantsii [Jelektronnyj resurs] // Oficial'nyj sajt kompanii «AV PRO»: [sajt]. - Rezhim dostupa: <http://av-pro.com.ua/tahonomy/term/258/0>.

7. Special'nyj doklad MGJeIK po vozobnovljaemym istochnikam jenerгии i smjagcheniju vozdeystvij na izmenenie klimata / Gruppy tehničeskoj podderzhki Rabochej gruppy III. Potsdamskij institut izuchenija posledstvij izmenenija klimata (PIK). - Mezhravitel'stvennaja gruppy jekspertov po izmeneniju klimata VMO, JuNEP, 2011. – 247 s.

8. Tipy solnechnyh batarej i ih KPD [Jelektronnyj resurs] // Sajt kompanii «UTEM SOLAR»: [sajt]. – Rezhim dostupa: http://utem.org.ua/materials/shov/tipy_solnechnyh_batarey.

9. Fotojelektricheskie jelementy i moduli: istorija, princip dejstvija, tehnologii, primenenie [Jelektronnyj resurs] // Derzhavnij vishnij navchal'nij zaklad «Mariupol's'kij budivel'nij koledzh»: [sajt]. - Rezhim dostupu: <http://msk.edu.ua/ivk/Fizika/AK/Z105/fotoelement.htm>.

10. Global irradiation and solar electricity potential (Ukraine) [Electronic resource] // European Commission: [site]. – Mode of access: http://re.jrc.ec.europa.eu/pvgis/cmaps/eu_hor/pvgis_solar_horiz_UA.png.