

УДК 911.6: 911.9: 504.062.2

Т. Ю. Горбунова

Оценка территории Юго-Восточного Крыма для использования систем солнечной энергетики

Таврическая академия (структурное подразделение)
ФГАОУ ВО «Крымский федеральный университет имени
В. И. Вернадского», г. Симферополь
e-mail: gorbunovatyu@gmail.com

Аннотация. Работа направлена на изучение валового и технического потенциалов территории Юго-Восточного Крыма для использования систем большой и малой солнечной энергетики для целей обеспечения потребностей в электроэнергии местного населения. Рассчитано значение инсоляции территории Юго-Восточного Крыма. Учёт затенения и закрытости склонов, структуры современного землепользования, наличия особо охраняемых природных территорий, экологических центров и коридоров, охранных зон различного назначения, эстетической ценности ландшафтов позволил выявить участки территории, приоритетные для строительства солнечных электростанций. Рассчитана суммарная мощность, которую потенциально можно получить с выделенных участков.

Ключевые слова: потенциал, солнечная энергетика, Юго-Восточный Крым, солнечная радиация.

Введение

Территория Крыма практически лишена собственных источников генерации электроэнергии. Большая часть энергоснабжения поступает из вне. Это обстоятельство ставит под угрозу энергетическую безопасность Республики Крым. Согласно федеральной целевой программе «Социально-экономического развития Республики Крым и г. Севастополя до 2020 г.» [1] одной из основных задач оптимального развития региона является создание собственных генераций и обеспечение надежного и бесперебойного электроснабжения потребителей Крымского полуострова. В рамках реализации Программы актуальным становится внедрение энерго- и ресурсосберегающих и экологически безопасных технологий. Реализация данной задачи неразрывно связана с необходимостью проведения исследований потенциала регионов по возможности размещения объектов возобновляемой энергетики.

Территория Юго-Восточного Крыма представляет собой один из ключевых туристско-рекреационных центров Республики Крым. Низкая освоенность территории, слабое развитие инфраструктуры, с одной стороны, и её уникальные пейзажные характеристики и расположение историко-культурных объектов с другой, определяют её инвестиционную привлекательность и создают предпосылки для устойчивого развития

рекреационной отрасли, что ставит перед муниципалитетами ряд требований, одним из которых является экологическая и энергетическая безопасность. В связи с этим актуальным является исследование возможности обеспечения региона собственными энергетическими ресурсами, которые оказывали бы минимальное воздействие на состояние окружающей среды, что и составляет новизну предлагаемого исследования.

Целью работы было провести оценку валового и технического потенциала территории Юго-Восточного Крыма для внедрения систем солнечной энергетики.

Задачи исследования:

- рассчитать поступление солнечной радиации на территорию Юго-Восточного Крыма с учётом облачности, туманов, затенения и закрытости склонов по месяцам;
- изучить социально-экономические и экологические предпосылки внедрения систем солнечной энергетики на территории Юго-Восточного Крыма;
- выявить участки на территории Юго-Восточного Крыма, имеющие большой потенциал внедрения систем солнечной энергетики;
- рассчитать суммарную мощность, которую потенциально можно получить с выделенных участков.

Материалы и методы

В работе использовались базы данных о режиме облачности с 2004 по 2014 гг. по метеостанциям, расположенным на территории Юго-Восточного Крыма, которые представлены на сайте rp5.ru [2]. Построение карт поступления солнечной радиации выполнялось в программе ArcGIS 10, позволяющей рассчитать поступление солнечной радиации на наклонные поверхности склонов с учётом затенения и закрытости, а также учесть вклад облачности в величины инсоляции. Расчёт радиации был произведен с использованием космического снимка SRTM (пространственное разрешение 30 м).

Одним из самых перспективных направлений использования солнечной энергетики является применение фотоэлектрических систем (ФЭС) – систем прямого преобразования световой энергии солнечного излучения в электричество. Преимущество ФЭС прямого преобразования состоит в том, что они не имеют движущихся механических частей, не нуждаются в воде или другом теплоносителе. В зависимости от конструктивного исполнения ФЭС практически не нуждаются в обслуживании [3].

Для таких фотоэлектрических систем прямого преобразования проводился расчет максимальной потенциальной мощности, которую можно получить на территории Юго-Восточного Крыма.

На основе космического снимка SRTM в программе ArcGIS при помощи функции Area Solar Radiation в инструментах Spatial Analyst были построены карты поступления солнечной радиации за каждый месяц и суммарное поступление за год. Функция Area Solar Radiation выводит поступающее солнечное излучение из поверхности растра. Выходные растры радиации всегда представлены числами с плавающей точкой и выражены в ваттах в час на квадратный метр ($Втч/м^2$). Растр продолжительности прямого излучения является целочисленным, а единицы измерения его значений – часы.

Для получения карты поступления солнечной радиации был выполнен следующий алгоритм [4]:

1. Входной растр поверхности – космический снимок SRTM.
2. Ширина изучаемой области. Для входных растров поверхности, имеющих пространственную привязку, автоматически вычисляется средняя ширина.
3. Разрешение или размер неба для гридов видимости, карты неба и карты солнца. Единицами являются ячейки. По умолчанию создается растр размером 200 x 200 ячеек.
4. Задается конфигурация времени (период), используемая для вычисления солнечного излучения. Такими периодами могут быть: 1) определенные дни; 2) в течение дня; 3) несколько дней в году; 4) целый год с ежемесячными интервалами.

Был выбран период «несколько дней в году» – отдельно были построены карты за каждый месяц.

5. Поскольку вычисления видимости могут быть достаточно интенсивными, для целого ряда заданных направлений вычислений отслеживаются только горизонтальные углы. Действительные значения должны быть множителями 8 (8, 16, 24, 32 и так далее). Как правило, для областей с мягким рельефом подходит значение 8 или 16, в то время как значение 32 должно быть использовано для территорий с сильно расчлененным рельефом. Значение, предлагаемое по умолчанию, равно 32.

Число необходимых направлений вычислений связано с разрешением входной цифровой модели рельефа. Модель земной поверхности с разрешением 30 м обычно представляет довольно сглаженную поверхность, следовательно, для большинства ситуаций достаточно использовать меньшее количество направлений (16 или 32). Для цифровой модели рельефа с более высоким разрешением, и в особенности, для тех случаев, когда в цифровой модели рельефа отражены искусственные структуры, количество направлений необходимо увеличить. Увеличение количества направлений повысит точность, но при этом возрастет и время, необходимое на выполнение вычислений.

6. Доля рассеивания – это часть общего нормального потока излучения, которая рассеивается. Значения находятся в диапазоне от 0 до 1. Это значение должно быть задано в соответствии с атмосферными условиями. Карты радиации были рассчитаны с коэффициентом 0,2, что соответствует ясному небу.

7. Объем солнечного излучения, полученного поверхностью, – это только часть излучения, полученного за пределами атмосферы. Удельный коэффициент пропускания является свойством атмосферы и представляет собой соотношение энергии, полученной на верхней границе атмосферы к энергии, достигающей поверхности Земли по кратчайшему пути (в направлении зенита), усредненную по всем длинам волн. Типичные значения находятся в диапазоне от 0 (нет пропускания радиации) до 1 (полное пропускание). Для расчета карт был взят коэффициент 0,7 для ясного неба.

8. Опция Optional outputs позволяет дополнительно построить карты прямой, рассеянной солнечной радиации и карту продолжительности поступления прямой солнечной радиации (количество часов солнечного сияния)

Необходимо отметить, что в программе заложен учет затенения территории, как соседними склонами, так и макроформами рельефа.

В результате данной операции мы получили по 4 выходных растра для каждого месяца, представляющих собой суммарное количество поступающей солнечной радиации, количество прямой и рассеянной поступающей солнечной радиации, количество часов солнечного сияния для каждого местоположения входной поверхности. Выходные данные измеряются в ваттах в час на квадратный метр ($\text{Втч}/\text{м}^2$) и часах.

С целью учета облачности и туманов при поступлении солнечной радиации были построены 2 серии карт. Первая серия карт была построена по описанному выше алгоритму. При построении второй учитывались данные по облачности. В пунктах 7 и 8 указанного алгоритма вводились среднемесячные значения облачности за 2004–2014 гг. Затем из значений первых карт поступления солнечной радиации были вычтены значения вторых карт и получены данные по задержанию облаками солнечной радиации.

Чтобы рассчитать максимальную мощность, которую можно получить на территории Юго-Восточного Крыма, необходимо было сначала рассчитать вклад каждого интервала солнечной радиации в формировании суммарного количества радиации, которое приходит на данную территорию. Однако, учитывая тот факт, что солнечные батареи можно устанавливать на склоны любой экспозиции, ориентируя их на экспозицию и угол с максимальным поступлением солнечной радиации, максимальное значение, которое мы можем получить, установив батарею на склоны с минимумом поступления солнечной радиации, приравнивается к максимальному по территории. При этом солнечные батареи нельзя устанавливать у подножия склонов, где они будут находиться в тени. То есть, необходимо найти ту высоту, начиная с которой, теневая маска будет минимальна.

Расчет теневой маски производился при помощи модуля Hillshade в инструменте Spatial Analyst программы Arc GIS [5]. Для этого в программе Sun Calculator 2.0 вычислили истинную высоту Солнца и азимут на 15 число каждого месяца. Кроме того, при помощи карт продолжительности солнечного сияния определили территории, куда не попадает прямая солнечная радиация. Таким образом, получили карту участков, находящихся в постоянной тени.

Для расчета технического потенциала территории Юго-Восточного Крыма для использования систем солнечной энергетики был взят гетероструктурный солнечный модуль компании Nevel Solar номинальной пиковой мощностью 280 Вт, с КПД 20 %, размерами 1656×991 мм [6].

Для построения карт современной структуры землепользования, выделения охранных зон различных категорий, а также границ особо охраняемых природных территорий и экологической сети использовались летний космический снимок Landsat-8 (пространственное разрешение 30 м), топографическая карта «По горному Крыму. Часть 2-я. Юго-Восточный Крым» (масштаб 1:50000), а также кадастровые карты и литература [7].

Далее были определены категории земель, в пределах которых возможно использование солнечной энергетики. К таким категориям земель относятся участки со степными сообществами.

Особо охраняемые природные территории (ООПТ) имеют особый режим использования, и в зависимости от категории в их границах запрещена деятельность, противоречащая задачам ООПТ и установленному для нее режиму особой охраны. При строительстве СЭС необходимо учитывать не только ареалы

обитания животных и птиц, но и пути их миграции, так как возведение препятствий может негативно сказаться на численности и жизнедеятельности мигрирующих видов.

Следующим фактором, который должен учитываться при оценке пригодности территорий, являются водные объекты и водоохранные зоны. Согласно статье 65 Водного кодекса РФ [8], водоохранные зоны – это территории, которые примыкают к береговой линии морей, рек, ручьев, каналов, водохранилищ, озер, на которых устанавливаются ограничения в проведении хозяйственной и иной деятельности в целях предотвращения загрязнения, засорения, заиления указанных водных объектов и истощения их вод, а также сохранения среды обитания водных биологических ресурсов и других объектов животного и растительного мира. Ширина водоохранной зоны рек и ручьев протяженностью от устья к истоку до 10 км составляет 50 м, от 10 до 50 км – 100 м. Ширина водоохранной зоны озера и водохранилища площадью менее 0,5 км² составляет 50 м, для моря – 500 м [8]. Эти принципы должны быть учтены при оценке территории, пригодной для размещения Солнечных электростанций.

С целью эстетической оценки территории и учёта территорий, имеющих наивысшую эстетическую ценность, в августе 2015 г. были проведены экспедиционные исследования с использованием методики оценки пейзажно-эстетической ценности ландшафтов, разработанной Д. А. Дириным [9].

В качестве операционной территориальной единицы были использованы группы местностей (окоёмы), представленные на ландшафтно-типологической карте Крыма Г. Е. Гришанкова [10]. В качестве основной оцениваемой единицы выступал пейзаж – визуальная картина, открывающаяся из определенной точки местности. Для выделения оцениваемых пейзажей в пределах каждого ландшафтного контура исследуемой территории закладывались «контрольные точки». Обозреваемое из этих точек пространство соответствует оцениваемым пейзажам [9]. Оценка, полученная для точки, распространяется на весь ландшафтный контур, в котором находится данная точка. Выбор точек основывался на оценке зоны видимости при помощи инструмента Viewshed в программе Arc GIS 10.2.

Оценка пейзажно-эстетической ценности производилась согласно анкете, предложенной в работе [9] по следующим критериям: плотность границ между визуально различимыми урочищами в пределах ландшафтного выдела; разнообразие структурно- и вещественно-разнородных элементов; цветовая гамма; наличие и количество пейзажно-композиционных узлов; наличие и количество пейзажно-композиционных осей; наличие пейзажных кулис; глубина и разнообразие перспектив; залесенность территории; наличие водных объектов; антропогенная трансформация. Каждый критерий оценивался определённой суммой баллов. В связи с тем, что указанная методика разрабатывалась для оценки горных, преимущественно природных значительных по охвату территорий, были внесены некоторые корректировки методики. Для критерия «Антропогенная трансформация» Д. А. Дирин в значении критерия «Нарушенный (аккультурный) ландшафт» присваивает ему балл «-3», что в процессе оценки исследуемой авторами территории является некорректным, так как нарушения, вносимые антропогенной деятельностью, в большинстве своем, вписываются в ландшафт либо имеют точечный характер и не несут резко отрицательный

эффект. Поэтому в значении критерия «Нарушенный (аккультурный) ландшафт» авторами присваивался балл «0». Всего сделано 106 описаний, по одному в каждом ландшафтном контуре.

Полученные интегральные значения корректировались оценками экспертов, которым необходимо было присвоить ранг ценности на основе панорамных фотографий, сделанных из контрольных точек. В состав экспертов входили специалисты географы, биологи, художники, фотографы. Всего было опрошено 50 человек.

Наложив карты ограничивающих факторов получили карту участков, наиболее благоприятных для строительства солнечных электростанций.

Суммарная мощность, которую можно получить, разместив солнечные батареи на выделенных территориях, рассчитывалась как годовая сумма поступления суммарной солнечной радиации, умноженная на мощность выбранных солнечных батарей и количество батарей, которое можно разместить на указанных территориях.

При расчетах солнечные батареи размещались таким образом, чтобы каждый ряд не затенял последующий. Подробнее о правилах размещения солнечных батарей описано в [11].

Результаты и обсуждение

Для анализа валового потенциала использования систем солнечной энергетики были построены карты поступления суммарной, рассеянной и прямой солнечной радиации по месяцам. В таблице 1 представлены значения валового потенциала территории Юго-Восточного Крыма для использования систем солнечной энергетики.

Таблица 1.

Валовый потенциал территории Юго-Восточного Крыма для использования систем солнечной энергетики

Месяц	Значения		
	Минимальные, кВтч/м ²	Максимальные, кВтч/м ²	Суммарные, млн кВтч
1	2	3	4
Январь	12,1815	100,967	53767,00794
Февраль	14,8156	125,124	77365,826
Март	40,6806	189,222	142743,1064
Апрель	98,5901	218,772	193575,0267
Май	158,035	256,843	245410,8339
Июнь	170,637	261,892	253257,1712
Июль	171,502	266,299	256166,3073

1	2	3	4
Август	126,361	240,859	220665,0217
Сентябрь	58,3941	195,574	156846,6495
Октябрь	21,679	159,323	106658,6051
Ноябрь	12,6594	105,823	58356,80024
Декабрь	10,1243	77,5832	38949,10322

Составлено автором

В работе проведена оценка пейзажно-эстетической ценности ландшафтов Юго-Восточного Крыма. На основе данных полевых анкет и экспертных оценок проведено ранжирование ландшафтов от наиболее к наименее ценным. Наиболее ценные пейзажи открываются с территорий ландшафтов, на которых расположены особо охраняемые природные территории.

Всего наивысшую оценку пейзажно-эстетической ценности получили пейзажи, формирующиеся на 4,58 % территории Юго-Восточного Крыма; 43,62 % территории отнесены к категории «высокоценных» пейзажей; «среднеценные» пейзажи характерны для 37,61 % площади региона; на 5,37 % территории распространены «малоценные» пейзажи; и «наименее ценные» пейзажи занимают 8,82 % площади региона.

Зная эстетическую ценность конкретных ландшафтов, осуществление ландшафтного планирования может производиться более рационально, с минимальным ущербом, как для природной среды, так и для всех сфер деятельности человека.

Наложение полученных карт пейзажно-эстетической ценности ландшафтов, современного землепользования и экологического каркаса территории, постоянно затененных территорий позволило выявить территории, наиболее благоприятные для строительства солнечных электростанций (рис. 1).

Суммарная мощность электроэнергии, которую можно получить, разместив на выделенных участках солнечные модули, представлена в таблице 2.

Учитывая величины поступающей солнечной радиации с учетом облачности и туманов во всех населенных пунктах исследуемой территории возможно использование систем малой солнечной энергетики. Для этого было рассчитано количество поступающей солнечной радиации, поступающей на территории населенных пунктов (табл. 3).

Повышение температуры модуля приводит к снижению преобразования солнечной энергии в электрическую. Типичный температурный коэффициент для кристаллических модулей составляет $-0,45\text{ }^{\circ}\text{C}$ (т. е. при повышении температуры модуля на каждый градус его выработка уменьшается на 0,45 %) [12]. Для аморфных модулей этот показатель обычно раза в 2 меньше. В связи с этим важен учёт роли температуры в выработке электроэнергии на выделенных участках.

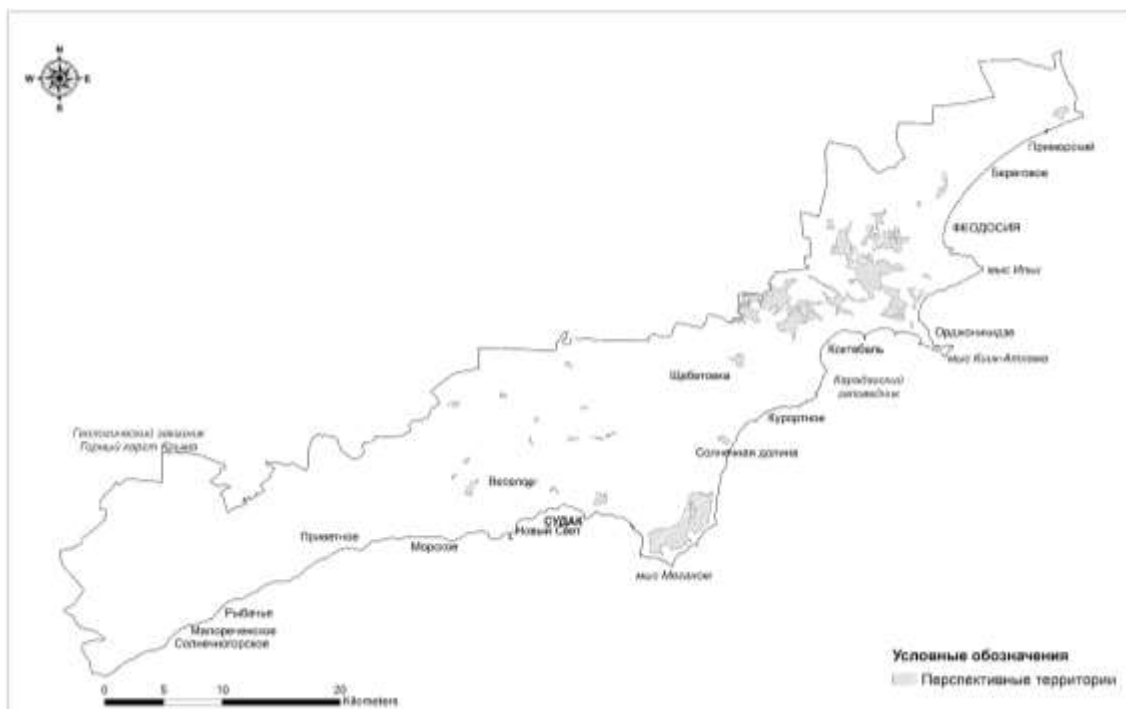


Рис. 1. Участки, наиболее благоприятные для строительства солнечных электростанций.

Таблица 2.

Технический потенциал территории Юго-Восточного Крыма

Месяц	Выработка энергии одним солнечным модулем, Втч	Технический потенциал территории, млн. кВтч
Январь	5654,15	174,20
Февраль	7006,94	215,87
Март	10596,43	326,46
Апрель	12251,23	377,44
Май	14383,21	443,12
Июнь	14665,95	451,83
Июль	14912,74	459,44
Август	13488,10	415,55
Сентябрь	10952,14	337,42
Октябрь	8922,09	274,87
Ноябрь	5926,09	182,57
Декабрь	4344,66	133,85

Составлено автором

Таблица 3.
Значения поступления суммарной солнечной радиации на территории населенных пунктов

Населенный пункт	Значения суммарной солнечной радиации, кВтч/м ² в год		
	Минимальное	Максимальное	Средневзвешенное
1	2	3	4
Сотера	1358,8	1869,1	1658,6
Солнечногорское	1354,5	1920,3	1705,1
Малореченское	1542,8	1819,9	1677,9
Рыбачье	1452,7	1906,9	1707,8
Канака	1521,7	1826,0	1724,0
Приветное	1383,3	1956,6	1693,9
Морское	1477,9	1917,7	1678,7
Веселое	1206,5	1950,4	1682,7
Новый Свет	1562,4	1945,0	1781,9
Капсель	1651,1	1801,3	1736,3
Солнечная Долина 2	1602,1	1785,0	1701,7
Меганом	1629,4	1801,8	1708,4
Богатовка	1267,8	2022,2	1762,1
Судак	1353,4	1922,3	1674,5
Солнечная Долина	1407,8	1919,3	1727,8
Курортное	1481,1	1945,7	1668,5
Щебетовка	1312,0	1859,8	1663,5
Коктебель	1235,8	1879,4	1666,8
Наниково	1619,7	1843,2	1727,6
Подгорное	1581,7	1747,3	1667,4
Насыпное	1615,3	1757,6	1667,5
Феодосия	1357,8	1894,7	1653,1
Береговое	1670,7	1724,6	1700,6
Приморский	1644,5	1758,1	1713,4
Орджоникидзе	1356,8	1973,3	1683,1
Прибрежное	1637,1	1764,2	1696,5
Краснокаменка	1400,3	1997,2	1723,9

1	2	3	4
Дачное	1267,5	1927,4	1698,6
Лесное	1451,7	1938,8	1746,1
Междуречье	1270,7	2014,0	1713,4
Ворон	1437,5	1911,8	1670,3
Громовка	1360,5	1906,9	1732,3
Генеральское	1564,2	1862,7	1744,7
Ближнее	1603,3	1727,1	1671,0
Солнечное	1592,1	1670,5	1641,6
Миндальное	1624,0	1764,2	1699,0

Составлено автором.

Выводы

В результате проведенного исследования дана оценка территории Юго-Восточного Крыма для внедрения систем солнечной энергетики. Выделены наиболее перспективные участки для строительства солнечных электростанций, к которым относятся южная часть полуострова Меганом, Армутлукская долина и окрестности, местность вокруг хребта Хоба-Тепе.

Системы малой солнечной энергетики рекомендуется размещать на крышах зданий в населенных пунктах. Рассчитаны значения поступления суммарной солнечной радиации с учетом облачности на территории населенных пунктов.

Суммарная мощность электроэнергии, которую можно будет потенциально получить при строительстве солнечных электростанций на перспективных участках составляет от 133,85 млн кВтч в декабре до 459,44 млн кВтч в июле.

Работа выполнена при поддержке гранта Республики Крым молодым учёным Крыма.

Литература

1. Паспорт федеральной целевой программы «Социально-экономическое развитие Республики Крым и г. Севастополя до 2020 г.» от 11.08.2014 г. №790). [Электронный ресурс] URL: <http://government.ru/media/files/41d4fa3a896280aaadfa.pdf>
2. Погода в 243 странах мира. [Электронный ресурс] URL: <http://rp5.ru>
3. Мазинов А. С., Бекиров Э. А. Фотоэлектрические преобразователи и системы // Солнечная энергетика для устойчивого развития Крыма. С.: ДОЛЯ, 2009. С. 120-137.
4. Область солнечного излучения (Area Solar Radiation) (Spatial Analyst) // Справка ArcGIS 10.1. [Электронный ресурс] URL: <http://resources.arcgis.com/ru/help/main/10.1/index.html#/na/009z000000t500000/>

5. Отмывка (Hillshade) (Spatial Analyst) // Справка ArcGIS 10.1. [Электронный ресурс] URL: <http://resources.arcgis.com/ru/help/main/10.1/index.html#/na/009z000000v0000000/>
6. Hevel Solar. Производство солнечных модулей. / Hevel Solar. [Электронный ресурс] URL: <http://www.hevelsolar.com/modules/>
7. «По горному Крыму. Часть 2-я. Юго-Восточный Крым». Масштаб 1:50000. С. : НПЦ Союзкарта, 2011
8. Водный кодекс Российской Федерации от 03.06.2006 № 74-ФЗ : (ред. от 28.11.2015 г.) [Электронный ресурс] URL: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_law_60683/
9. Дирин Д. А. Пейзажно-эстетические ресурсы горных территорий: оценка, рациональное использование и охрана (на примере Усть-Коксинского района Республики Алтай). Б.: Азбука, 2005.
10. Современные ландшафты Крыма и сопредельных акваторий. // Науч. редактор Е. А. Позаченюк. С.: Бизнес-Информ. 2009.
11. Cooper B-Line. Solar Power Panel Orientation: Landscape vs. Portrait. [Электронный ресурс] URL: <http://www.cooperindustries.com/content/dam/public/bline/Markets/Solar/Resources/Panel-Orientation-Landscape-vs-Portrait.pdf>
12. Solar Home. Ваш солнечный дом. [Электронный ресурс] URL: <http://www.solarhome.ru/basics/pv/techsolarpanels.htm>

T. Yu. Gorbunova | ***Assessment of the South-Eastern Crimea for solar energy systems***

Taurida Academy of V. I. Vernadsky Crimean Federal
University, Simferopol, Russian Federation
e-mail: gorbunovatyu@gmail.com

Abstract. *The work is aimed at studying the gross and technical potential the South-Eastern Crimea for large and small solar energy systems for meeting the needs in electricity of the local population. We calculated the value of insolation on the territory of South-Eastern Crimea. The account of shading and closing of slopes, the structure of modern land use, protected areas, ecological centers and corridors, protected zones for various purposes, the aesthetic value of the landscape has allowed revealing priority areas for construction of solar power plants. We calculated total power, which potentially can be obtained from the selected areas.*

Keywords: *potential, solar energy, South-Eastern Crimea, solar radiation.*

References

1. Passport federalnoy tselevoy programmy «Sotsialno-ekonomicheskoe razvitiye Respubliki Kryim i g. Sevastopolya do 2020 g.» ot 11.08.2014 g. № 790). [Elektronnyiy resurs] URL: <http://government.ru/media/files/41d4fa3a896280aaadfa.pdf>
2. Pogoda v 243 stranah mira. [Elektronnyiy resurs] URL: <http://rp5.ru>

3. Mazinov A. S., Bekirov E. A. Fotoelektricheskie preobrazovateli i sistemy // Solnechnaya energetika dlya ustoychivogo razvitiya Kryima. S.: DOLYa, 2009. S. 120-137.
4. Oblast solnechnogo izlucheniya (Area Solar Radiation) (Spatial Analyst) // Spravka ArcGIS 10.1. [Elektronnyiy resurs] URL: <http://resources.arcgis.com/ru/help/main/10.1/index.html#/na/009z000000t500000/>
5. Otmivka (Hillshade) (Spatial Analyst) // Spravka ArcGIS 10.1. [Elektronnyiy resurs] URL: <http://resources.arcgis.com/ru/help/main/10.1/index.html#/na/009z000000v0000000/>
6. Hevel Solar. Proizvodstvo solnechnykh moduley. / Hevel Solar. [Elektronnyiy resurs] URL: <http://www.hevelsolar.com/modules/>
7. «Po gornomu Kryimu. Chast 2-ya. Yugo-Vostochnyy Kryim». Masshtab 1:50000. S. : NPTs Soyuzkarta, 2011
8. Vodnyiy kodeks Rossiyskoy Federatsii ot 03.06.2006 № 74-FZ : (red. ot 28.11.2015 g.) [Elektronnyiy resurs] URL.: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_law_60683/
9. Dirin D. A. Peyzazhno-esteticheskie resursyi gornyykh territoriy: otsenka, ratsionalnoe ispolzovanie i ohrana (na primere Ust-Koksinskogo rayona Respubliki Altay). B.: Azbuka, 2005.
10. Sovremennyye landshafty Kryima i sopredelnykh akvatoriy. // Nauch. redaktor E. A. Pozachenyuk. S.: Biznes-Inform. 2009.
11. Cooper B-Line. Solar Power Panel Orientation: Landscape vs. Portrait. [Elektronnyiy resurs] URL: <http://www.cooperindustries.com/content/dam/public/bline/Markets/Solar/Resources/Panel-Orientation-Landscape-vs-Portrait.pdf>
12. Solar Home. Vash solnechnyy dom. [Elektronnyiy resurs] URL: <http://www.solarhome.ru/basics/pv/techsolarpanels.htm>

Поступила в редакцию 17.11.2015 г