

Е.Х. Мендыбаев¹, **Ж.Г. Берденов¹**, **Т.М. Танкибаев¹**,
С.И. Альмурзаева², **Р.М. Муратов¹**, **М.Ж. Жумагул^{3,4*}**

¹Евразийский национальный университет им. Гумилева, г. Астана, Казахстан

²Международный центр зелёных технологий и инвестиционных проектов, г. Астана, Казахстан

³Международный университет Астана, г. Астана, Казахстан

⁴Астанинский ботанический сад, г. Астана, Казахстан

*e-mail: mzhakypzhan@mail.ru

ПОТЕНЦИАЛ РАСЧЕТА СОЛНЕЧНОЙ ЭНЕРГИИ В МАНГЫСТАУСКОЙ ОБЛАСТИ

В статье описано исследование о потенциале солнечной энергии в Мангыстауской области. В данной работе представлены карты прихода солнечной радиации кВт.ч/м²/день по ключевым месяцам: январю, апрелю, июлю, октябрю и за год. Был проведен расчет потенциала прихода солнечной энергии, которую может получить фотоэлектрический модуль за год работы в Мангыстауской области, в районе города Актау. Полученные результаты дают представление о приходе солнечной радиации на вертикальную поверхность. Результаты исследования могут быть использованы для дальнейших, более глубоких расчетов прихода солнечной радиации, не только для Мангыстауской области, но и для других регионов, где имеется потенциал выработки солнечной энергии. Проведение тестовых расчетов показало хорошее согласие с представленными в литературе.

Ключевые слова: солнечная радиация, расчет потенциала, энергия, Мангыстауская область.

E.Kh. Mendibaev¹, Zh.G. Berdenov¹, T.M. Tankibaev¹,
S.I. Almurzaeva², R.M. Muratov¹, M.Zh. Zhumagul^{3,4*}

¹Gumilev Eurasian National University, Astana, Kazakhstan

²International Center for Green Technologies and Investment Projects, Astana, Kazakhstan

³Astana International University, Astana, Kazakhstan

⁴Astana Botanical Garden, Astana, Kazakhstan

*e-mail: mzhakypzhan@mail.ru

Estimated solar energy potential in Mangystau oblast

The paper describes a study on the potential of solar energy in Mangystau oblast. This paper presents maps of solar radiation arrival kWh/m²/day by key months: January, April, July, October and for a year. A calculation of the solar energy potential, which can be received by the PV module for a year of operation in Mangystau region, near the city of Aktau, was carried out. The results obtained give an idea of the solar radiation arrival on the vertical surface. The results of the study can be used for further, more in-depth calculations of the arrival of solar radiation, not only for Mangystau region, but also for other regions where there is a potential for solar energy generation. Test calculations showed good agreement with those presented in the literature.

Key words: solar radiation, potential calculation, energy, Mangystau region.

Е.Х. Мендыбаев¹, Ж.Г. Берденов¹, Т.М. Танкибаев¹,
С.И. Альмурзаева², Р.М. Муратов¹, М.Ж. Жумагул^{3,4*}

¹А.Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университеті, Астана қ., Қазақстан

²Халықаралық жасыл технологиялар және инвестициялық жобалар орталығы, Астана қ., Қазақстан

³Астана Халықаралық университеті, Астана қ., Қазақстан

⁴Астана ботаникалық бағы, Астана қ., Қазақстан

*e-mail: mzhakypzhan@mail.ru

Маңғыстау облысында күн энергиясын есептеу әлеуеті

Мақалада Маңғыстау облысындағы күн энергиясының әлеуеті туралы зерттеу сипатталған. Бұл жұмыста кВт күн радиациясының келу карталары ұсынылған. негізгі айлар бойынша сағ/м²/күн: қаңтар, сәуір, шілде, қазан және жыл. Маңғыстау облысында, Актау қаласы ауданында жұмыс істеген жылы фото-электр модулі алатын күн энергиясының келу әлеуетін есептеу жүргізілді. Алынған нәтижелер күн радиациясының тік бетке келуі туралы түсінік береді. Зерттеу

тижелері Маңғыстау облысы үшін ғана емес, сонымен қатар күн энергиясын өндіру әлеуеті бар басқа аймақтар үшін де күн радиациясының келуін одан әрі, тереңірек есептеу үшін пайдаланылуы мүмкін. Тесттік есептеулерді жүргізу әдебиетте ұсынылғандармен жақсы келісімді көрсетті.

Түйін сөздер: күн радиациясы, потенциалды есептеу, энергетика, Маңғыстау облысы.

Введение

Человечество еще с давних времен начало использовать солнечную энергию в своих целях. В третьем веке до нашей эры римляне и греки использовали горящие зеркала для зажигания факелов во время религиозных церемоний. Согласно историческим записям, в 212 году до нашей эры греческий ученый Архимед использовал отражающие свойства солнечного света и бронзовые щиты, чтобы поджечь деревянные корабли Римской империи, осаждавшие Сиракузах [9]. Рассматривая современный период исследования потенциала солнечной энергии, тут можно отметить, что в 1816 году Роберт Стирлинг, министр Шотландии, подал заявку на патент на инновационный экономайзер. Министерство энергетики сообщает, что в свободное время Стирлинг строил тепловые двигатели, которые позже будут использоваться в солнечной тепловой электрической технологии для производства энергии. Эдмон Беккерель открыл принцип солнечной энергии в 1839 году [9]. Во время работы ученый обнаружил, что некоторые материалы могут генерировать напряжение и электрический ток под воздействием света. Рассел С. Ол был американским инженером, известным исследователем полупроводников [9]. В 1839 году он открыл PN-переход (имеющий положительную и отрицательную стороны внутри монокристаллического полупроводника). Он изучал проводимость и свойства различных типов кристаллов. Его работа с полупроводниками и PN-переходом привела к созданию таких вещей, как транзисторы, светодиоды и лазерные диоды, а в 1841 году он создал первый кремниевый солнечный элемент, конструкция которого до сих пор используется в современных солнечных фотоэлектрических (PV) панелях [9]. В дальнейшем методику расчета потенциала солнечной энергии предложили исследователи Д. Даффи и У. Бекман. На основе их методики мы в дальнейшем будем вычислять потенциал прихода солнечной энергии в Мангыстауской области. В итоге развитие технологий и знаний в области получение и использование солнечной энергии шло с давних времен. На сегодняшний день роль возобновляемых источников энергии и солнечной энергии растет с каждым годом.

Для Республики Казахстан это открывает новые возможности улучшения своей энергетической безопасности, так как в связи с ростом дефицита энергии, который к 2030 году составит 6 ГВт. А также имеющимся обязательствами страны по снижению выбросов парниковых газов, прописанные в Киотском протоколе и Парижском соглашении, развитие альтернативных источников энергии является одной из перспективных направлений развития энергетики Казахстана в ближайшем будущем.

Материалы и методы

В качестве территории исследования была выбрана Мангыстауская область. Мангыстауская область расположена на юго-западе Республики Казахстан, омывается водами Каспийского моря. Климат резко-континентальный, засушливый. Крупнейший город – Актау 193 тыс. человек по данным за 2020 год [2]. Выбор территории обусловлен перспективой развития региона. Мангыстауская область обретает все большее значение в качестве логистического хаба, «воротами» Казахстана в мировое сообщество, а также рост численности населения, по которому регион является один из лидеров РК и рост промышленного производства требует больше электроэнергии. Методика оценки потенциала расчета солнечной энергии состоит из трех этапов.

Первым этапом оценки потенциала возобновляемой энергии работа является сбор данных. Источником данных для исследования является база данных NASA POWER. В базе данных содержатся данные возобновляемых источников энергии по всему миру. Команда POWER предоставляет Data Access Viewer, веб-инструмент ГИС, который позволяет любому увидеть и изучить различные переменные, связанные с возобновляемыми источниками энергии, в любом месте по всему миру. Для оценки потенциала солнечной энергии в Мангыстауской области нам необходимо собрать почасовые данные о приходе солнечной радиации на горизонтальную поверхность кВт.ч/м²/день. Почасовые данные по приходу солнечной радиации больше подходят для максимальных и достоверных исследований.

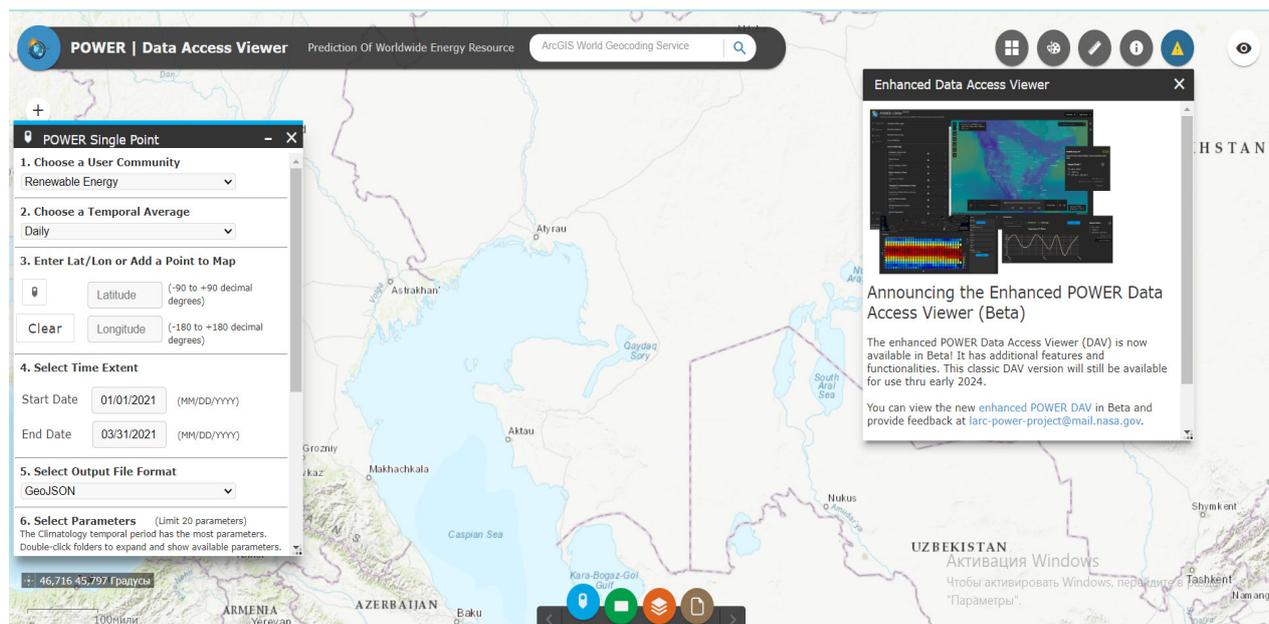


Рисунок 1 – Интерфейс сайта NASA POWER

Вторым этапом работы является оценка потенциала прихода солнечной радиации на вертикальную поверхность. Для оценки потенциала энергии мы будем использовать методику, которые разработали ученые Джон Даффи и Уильям Бекман, которую описали в своей книге «Основы солнечной теплоэнергетики».

Источники данных для оценки ресурсов и потенциалов солнечной энергии

Основными источниками данных о потоках солнечной радиации и характеристиках:

- результаты многолетних измерений на метеорологических и актинометрических станциях;
- результаты математического моделирования, проводимого с использованием данных спутниковых и наземных наблюдений;
- аналитические расчеты для приходящей солнечной радиации на основе формул солнечной геометрии.

Относительно технических характеристик оборудования, входящего в состав солнечных электростанций – СЭС (или солнечных установок – СЭУ) – можно применить следующие допущения. Стандартная СЭС (СЭУ), соединенная с электрической сетью (т.е. не имеющая в своем составе аккумулирующих устройств) включает в себя следующие элементы:

- солнечную батарею, состоящую из современных высокоэффективных фотоэлектрических модулей (ФЭМ); КПД преобразования пер-

вичного источника около 21,7% в стандартных условиях, спектр AM 1,5, 1000 Вт/м², 25 °С;

- фотоэлектрический сетевой инвертор, обеспечивающий экстремальное регулирование мощности солнечной батареи и преобразование постоянного тока в переменный. КПД большинства сетевых инверторов находится в диапазоне 97-98 % (зависят от мощности ФЭМ);

- фотоэлектрические инверторы большой мощности обеспечивают работу с трехфазной сетью напряжением 0,4 кВ. Однако для станций от 500 кВт этого напряжения уже недостаточно, поэтому требуется повышающий трансформатор до 10-110 кВ (в зависимости от того, к каким сетям планируется подключение). КПД современных трансформаторов лежит в диапазоне 96-99 % и это практически предел для этой технологии.

Тогда 1 м² приемной поверхности ФЭМ в составе СЭС в среднем за год производит энергию:

$$E = I * 0,24 * 0,96 * 365 * 2,07, [8]$$

где:

I = падающая радиация на наклонную поверхность кВт.ч/м²/день

0,24 – количество часов в сутках;

0,96 -КПД электрической части;

365 – количество дней в году;

2,07 – площадь необходимая для строительства одной панели.

Вторым этапом является работа с гис-блоком. Целью работы с гис-блоком является получение картографических изображений потенциала солнечной энергии в Мангыстауской области. Всего во время работы мы получим пять карт, четыре из которых карты прихода солнечной энергии на центральные месяцы года: январь, апрель, июль и октябрь, а также одна карта за год.

При построении карт будет использоваться программа Qgis, с помощью которой можно построить необходимые карты. В самой программе, для построения картмы будем использовать инструмент интерполяции IDW (близкого соседства). Инструмент IDW имеет особенность,

связанную с тем, что метод сильно привязан к точкам и на картах можно заметить «шумы», которые немного будут мешать анализу полученных результатов.

Результаты и их обсуждение

Рассматривая полученную карту за январь, можно заметить, что приход солнечной радиации имеет зональное распределение, наибольшие значения прихода солнечной радиации можно заметить в южных и юго-западных районах области, а наименьшие значения в северных районах Мангыстауской области.

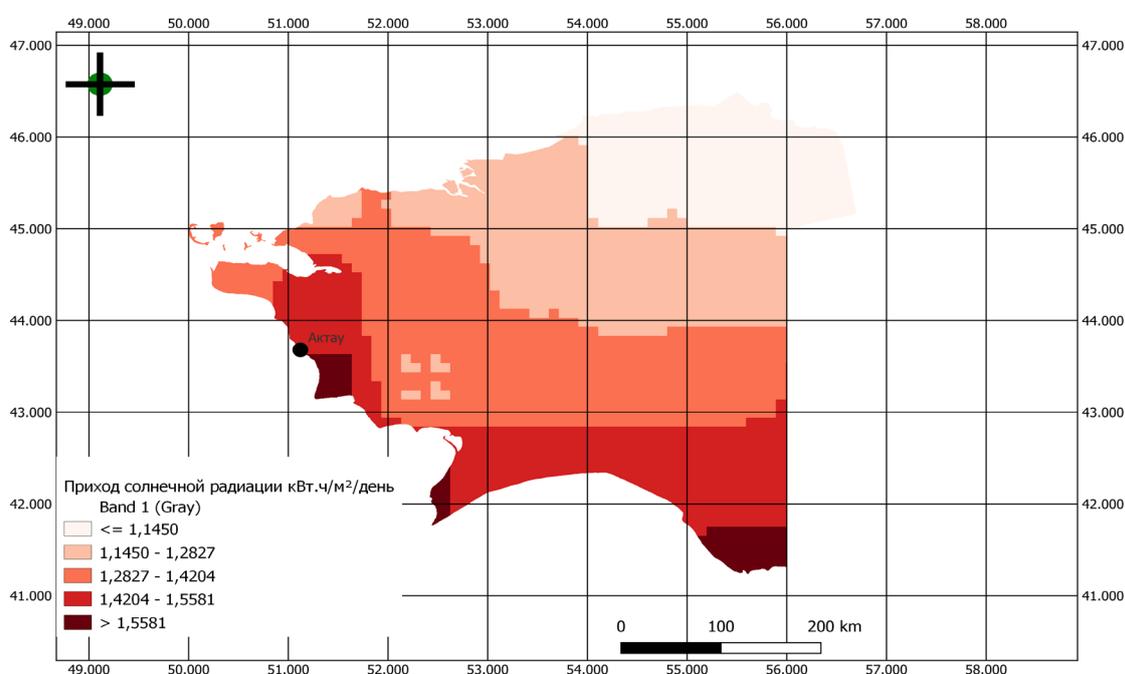


Рисунок 2 – Приход солнечной радиации по Мангыстауской области за январь 2023 года

В апреле наибольшие значения мы можем наблюдать в западной части Мангыстауской области, а наименьший приход солнечной радиации имеется в северо-западных районах региона. Распределение прихода солнечной радиации в апреле имеют преимущественно азональную направленность.

В июле распределение прихода солнечной радиации также имеет зональный характер. Наибольший приход солнечной радиации приходится на южные районы, наименьший – северо-запад области.

Приход солнечной радиации в октябре имеет зональное распределение. Наибольшие значения прихода солнечной радиации юго-восточной части, а меньший приход наблюдается в северо-восточных районах области.

Рассматривая полученную карту за год, мы видим, что распределение прихода солнечной радиации имеет азональный характер. Наибольшие значения прихода солнечной радиации имеются в юго-восточной части Мангыстауской области и постепенно к северо-востоку он уменьшается.

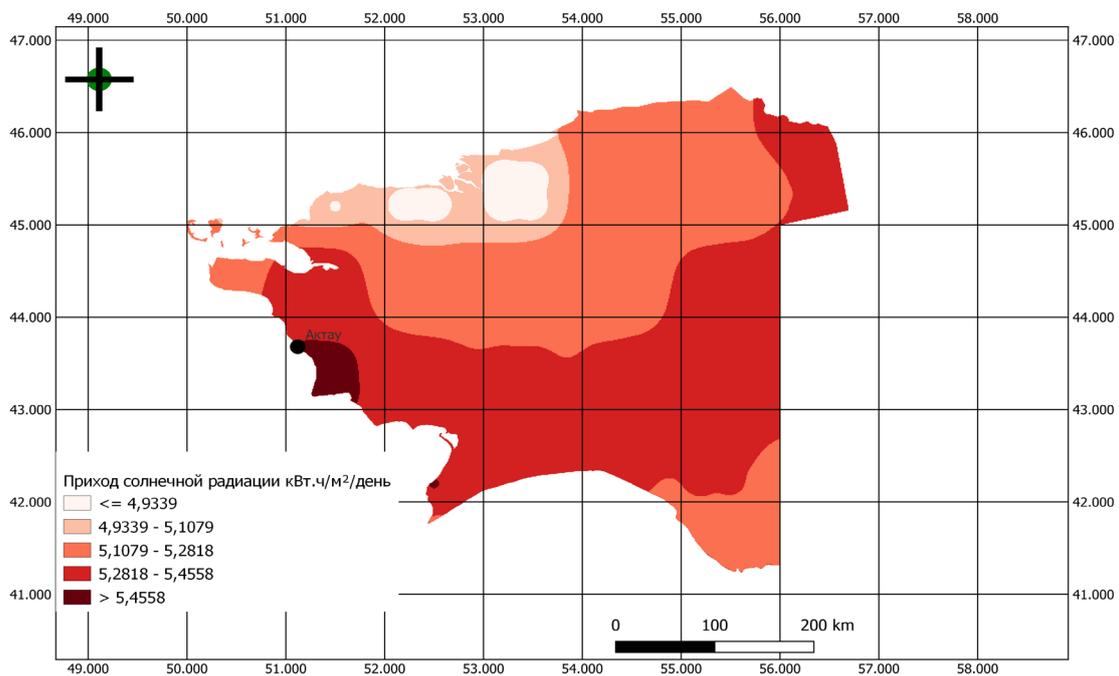


Рисунок 3 – Приход солнечной радиации по Мангыстауской области за апрель 2023 года

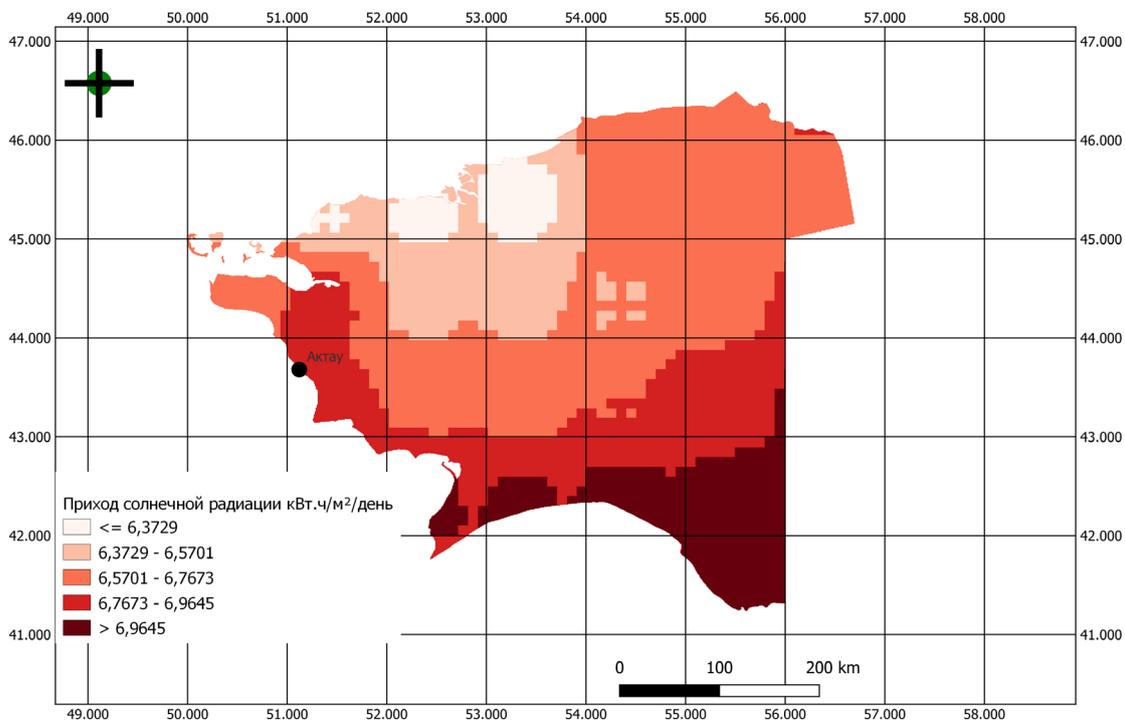


Рисунок 4 – Приход солнечной радиации по Мангыстауской области за июль 2023 года

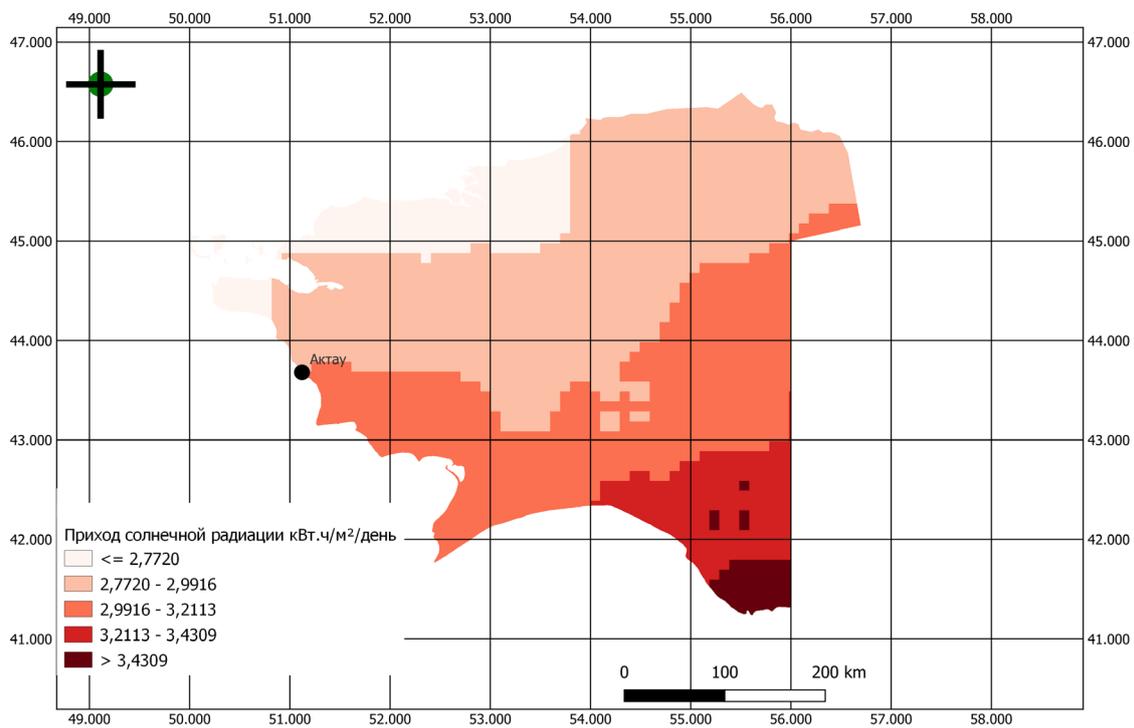


Рисунок 5 – Приход солнечной радиации по Мангыстауской области за октябрь 2023 года

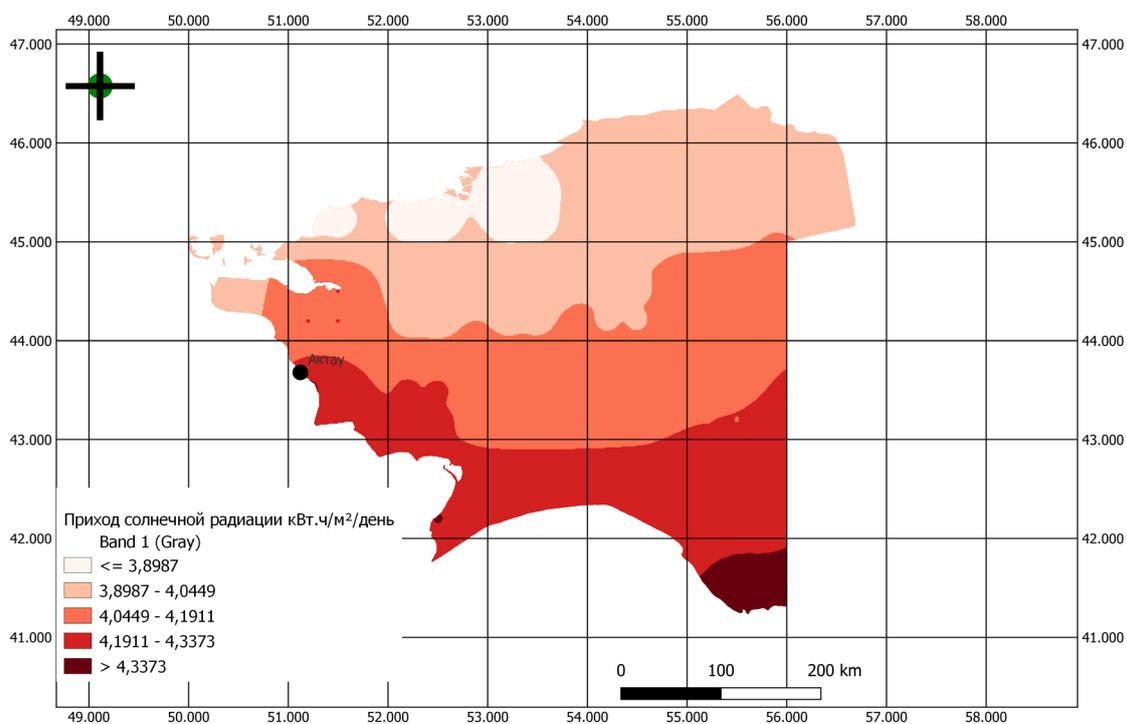


Рисунок 6 – Приход солнечной радиации по Мангыстауской области за 2023 год

Входе расчета производства энергии значение I было решено взять с точки, которая расположена рядом с г.Актау, так как большая часть населения и промышленных мощностей расположено рядом с данным городом. Также с экономической точки зрения, размещение солнечных электростанций рядом с г.Актау уменьшает расходы на логистику и на обслуживание солнечных панелей. В итоге значение I составляет 4,19 кВт.ч/м²/день и итоговый результат выглядит таким образом:

$$E = 4,19 * 0,24 * 0,96 * 365 * 2,07 = 729,101$$

729,1 кВт.ч/год выработает одна панель в районе г. Актау Мангыстауской области.

По результатам исследования были получены карты распределения прихода солнечной радиации по центральным месяцам и за год, а также рассчитана производительность одной солнечной панели за год в районе г. Актау Мангыстауской области. Хотелось бы отметить, что полученные результаты могут иметь практическое применение, для решения проблем с электроэнергией не только в Мангыстауской области, но и в других регионах Республики Казахстан.

Литература

1. База данных NASA POWER. Электронный ресурс. Доступ: <https://power.larc.nasa.gov/data-access-viewer/>
2. База данных статистических сборников stat.gov. Электронный ресурс. Доступ: <https://stat.gov.kz/>
3. Попель О.С. О перспективных направлениях развития водородной энергетики в России//Доклад на Школе молодых ученых «Возобновляемые источники энергии». Москва, МГУ имени М.В. Ломоносова. 24 ноября 2020 г.
4. Атлас ресурсов возобновляемой энергии на территории России: науч. издание / Т. И. Андреевко, Т. С. Габдерахманова, О. В. Данилова и др. – РХТУ им. Д.И.Менделеева Москва, 2015. – 160 с.
5. Лим. Н., Жанадилова, Ж., Чадиярова, Д., Бегенова, С., Ким М. Годовой отчет о рынке ВИЭ в Казахстане: потенциал, вызовы и перспективы // отчет PWC 2021 г.
6. Коломиец Ю.Г., Горбаренко Е.В., Киселева С.В., Мордынский А.В., Фрид С.Е., Шиловецова О.А. Актинометрические данные для проектирования солнечных энергоустановок в Московском регионе // Альтернативная энергетика и экология. – 2016. – № 21-22. – С. 12–24.
7. Energy production estimation for kosh-agach grid-tie photovoltaic power plant for different photovoltaic module types / T. S. Gabderakhmanova, S. V. Kiseleva, S. E. Frid, A. B. Tarasenko // Journal of Physics: Conference Series. – 2016. – Vol. 774, no. 1.
8. Solar Engineering of Thermal Processes / John A. Duffie, William A. Beckman – 2013. – Vol. 944, no. 1.
9. The first 100 years of solar energy's history web-site of GIEnergy company. Access mode: <https://gienergy.com.au/who-invented-solar-panels/#:~:text=Edmond%20Becquerel%20discovered%20the%20principle,current%20when%20exposed%20to%20light.>

References

1. Baza dannyh NASA POWER. Elektronnyj resurs. Dostup: <https://power.larc.nasa.gov/data-access-viewer/> (In Russian)
2. Baza dannyh statisticheskikh sbornikov stat.gov. Elektronnyj resurs. Dostup: <https://stat.gov.kz/> (In Russian)
3. Popel' O.S. O perspektivnyh napravleniyah razvitiya vodorodnoj energetiki v Rossii//Doklad na Shkole molodyh uchenykh «Vozobnovlyaemye istochniki energii». Moskva, MGU imeni M.V.Lomonosova.. 24 noyabrya 2020 g. (In Russian)
4. Atlas resursov vozobnovlyaemoj energii na territorii Rossii: nauch. izdanie / T. I. Andreenko, T. S. Gabderahmanova, O. V. Danilova i dr. – RHTU im. D.I.Mendeleeva Moskva, 2015. – 160 s. (In Russian)
5. Lim. N, Zhanadilova, Zh, Chadiarova, D, Begenova, S, Kim. M Godovoj otchet o rynke VIE v Kazahstane: potencial, vyzovy i perspektivy // otchet PWC 2021.g (In Russian)
6. Kolomic Yu.G., Gorbarenko E.V., Kiseleva S.V., Mordynskij A.V., Frid S.E., Shilovceva O.A. Aktinometricheskie dannye dlya proektirovaniya solnechnykh energoustanovok v Moskovskom regione // Al'ternativnaya energetika i ekologiya. – 2016. – № 21-22. – S. 12–24 (In Russian)
7. Energy production estimation for kosh-agach grid-tie photovoltaic power plant for different photovoltaic module types / T. S. Gabderakhmanova, S. V. Kiseleva, S. E. Frid, A. B. Tarasenko // Journal of Physics: Conference Series. – 2016. – Vol. 774, no. 1 (In Russian)
8. Solar Engineering of Thermal Processes / John A. Duffie, William A. Beckman – 2013. – Vol. 944, no. 1
9. The first 100 years of solar energy's history website of GIEnergy company. Access mode: <https://gienergy.com.au/who-invented-solar-panels/#:~:text=Edmond%20Becquerel%20discovered%20the%20principle,current%20when%20exposed%20to%20light.>

Авторлар туралы мәлімет:

Мендыбаев Ерболат Хамзинович – биология ғылымдарының кандидаты, Л. Н. Гумилев атындағы Еуразия Ұлттық Университетінің қоршаған ортаны қорғау саласындағы басқару және инжиниринг кафедрасының профессоры (Астана, Қазақстан, электрондық пошта: bskurek@mail.ru)

Берденов Жарас Галимжанович – PhD, қауымдастырылған профессор, Л. Н. Гумилев атындағы Еуразия Ұлттық Университетінің жаратылыстану ғылымдары факультетінің деканы (Астана, Қазақстан, электрондық пошта: berdenov-z@mail.ru)

Танкибаев Тимур – Л. Н. Гумилев атындағы Еуразия Ұлттық Университетінің магистранты, 2 жыл (Астана, Қазақстан, электрондық пошта: timurtankibaev@gmail.com)

Альмурзаева Салтанат Ибрагимовна – биология ғылымдарының кандидаты, халықаралық жасыл технологиялар және инвестициялық жобалар орталығы туралы ең жақсы қолжетімді техникалар бюросының сараптамалық бағалау басқармасының басшысы (Астана, Қазақстан, электрондық пошта: asalt-gholt@mail.ru)

Муратов Руслан Муратович – PhD, Л. Н. Гумилев атындағы Еуразия Ұлттық Университетінің қоршаған ортаны қорғау саласындағы басқару және инжиниринг кафедрасының аға оқытушысы (Астана, Қазақстан, электрондық пошта: Qazruslan@gmail.com)

Жумагул Молдир Жакыпжановна – PhD, Астана Халықаралық Университетінің қауымдастырылған профессордың м. а. (Астана, Қазақстан, электрондық пошта: mzhakypzhan@mail.ru)

Information about authors:

Mendymbayev Yerbolat – candidate of biological sciences, professor of the department of management and engineering in the field of environmental protection of L. N. Gumilyov Eurasian National University (Astana, Kazakhstan, e-mail: bskurek@mail.ru)

Berdenov Zharas – PhD, associate professor, dean of the faculty of natural sciences of L. N. Gumilyov Eurasian National University (Astana, Kazakhstan, e-mail: berdenov-z@mail.ru)

Timur Tankibayev – master's student of L. N. Gumilyov Eurasian National University, 2 years (Astana, Kazakhstan, e-mail: timurtankibaev@gmail.com)

Almurzayeva Saltanat Ibragimovna – candidate of biological sciences, head of the expert assessment department of the bureau of the best available techniques of the international center for green technologies and investment projects (Astana, Kazakhstan, e-mail: asalt-gholt@mail.ru)

Muratov Ruslan Muratovich – PhD, Senior Lecturer of the Department of management and engineering in the field of Environmental Protection of L. N. Gumilyov Eurasian National University (Astana, Kazakhstan, e-mail: Qazruslan@gmail.com)

Zhumagul Moldir Zhakypzhanovna – PhD, acting associate professor of Astana International University (Astana, Kazakhstan, e-mail: mzhakypzhan@mail.ru)

Поступила 02 сентября 2024 года

Принята 26 декабря 2024 года