

Альтернативная энергетика и экологическая обстановка в районе туркменского озера Алтын асыр

Алланазаров Нурмухаммет Аганазарович¹, Мюлкиев Чары Клычевич²,
Батманов Джуманазар Худайназарович³, Акыммаев Язберди Агасапарович⁴

^{1,2,3,4} Государственный энергетический институт Туркменистана, Мары, Туркменистан,

¹nurysh90@bk.ru

Аннотация. Определено количество электроэнергии по месяцам в год по соответствующим условиям фотоэлектрической солнечной электростанции мощностью 7 МВт и ветровой электростанции мощностью 3 МВт, которые планируется построить и ввести в эксплуатацию вокруг Туркменского озера Алтын асыр по результатам оценки ресурсов солнечной и ветровой энергии в установленной точке.

Ключевые слова: туркменское озеро Алтын асыр, интенсивность солнечного излучения, фотоэлектрическая солнечная электростанция, коэффициент пересчета, комбинированная электростанция мощностью 10 МВт, выработка электрической энергии, ветровая электростанция

Для цитирования: Алланазаров Н. А., Мюлкиев Ч. Г., Батманов Д. Х., Акыммаев Я. А. Альтернативная энергетика и экологическая обстановка в районе туркменского озера Алтын асыр // Вестник Сыктывкарского государственного университета. Серия 2: Биология. Геология. Химия. Экология. 2022. № 2(22). С. 81—88. <https://doi.org/10.34130/2306-6229-2022-2-81>

Alternative energy and ecological situation in the area of the Turkmen lake Altyn asyr

Nurmuhammet A. Allanazarov¹, Chary G. Mulkiyev², Jumanazar H. Batmanov³,
Yazberdi A. Akymmayev⁴

^{1,2,3,4} State Energy Institute of Turkmenistan, Mary, Turkmenistan,

¹nurysh90@bk.ru

Abstract: In scientific work, the amount of electricity was determined by months per year according to the relevant conditions of a photovoltaic solar power plant with a capacity of 7 MW and a wind power plant with a capacity of 3 MW, which are planned to be built and put into operation around the Altyn asyr Turkmen lake based on the results of an assessment of solar and wind energy resources at the set point.

Keywords: Turkmen lake Altyn Asyr, intensity of solar radiation, photovoltaic solar power plant, conversion factor, combined power plant with a capacity of 10 MW, power generation, wind power plant

For citation: Allanazarov N. A., Mulkiyev C. G., Batmanov Ju. H., Akymmayev Ya. A. Alternative energy and ecological situation in the area of the Turkmen lake Altyn asyr // Vestnik Syktyvkarskogo universiteta. Seriya 2. Biologiya, geologiya, himiya, ekologiya = Syktyvkar University Bulletin. Series 2. Biology, geology, chemistry, ecology, 2022. 2(22): С. 81—88. (In Russ.). <https://doi.org/10.34130/2306-6229-2022-2-81>

Введение. Климатические и географические условия Туркменистана позволяют использовать возобновляемые источники энергии. Для обеспечения устойчивого развития отраслей экономики Туркменистана, расширения сферы применения возобновляемых и нетрадиционных источников энергии, повторного использования энергоресурсов, развития энергоэффективных и инновационных технологий в области энергосбережения постановлениями Президента Туркменистана № 674 (от 21.02.2021 г.) и

№ 2007 (от 04.12.2020 г.) утверждены «Государственная программа по энергосбережению на 2018–2024 годы» и «Национальная стратегия по развитию возобновляемой энергетики в Туркменистане до 2030 года». Для укрепления нормативно-правовой базы и для реализации данной Программы и Стратегии принят Закон «О возобновляемых источниках энергии».

На всю поверхность Земли приходится около $(0.85-1.2)10^{14}$ кВт или $(7.5-10)10^{17}$ кВт·час/год при среднем удельном поступлении солнечного излучения (СИ) 200–250 Вт/м² или 1752–2190 кВт·час/м²·год. При этом диапазон удельного прихода СИ на Землю меняется весьма значительно как во времени, так и по ее территории: (170–1000) Вт/м² или $(17-100)10^4$ кВт·час/км². Приход всех прочих видов энергии составляет всего 19 кВт/км², что говорит об огромных возможностях СИ на Землю. Если принять, что мощность всех видов энергоустановок на Земле составляет сегодня около 10 ТВт или $10 \cdot 10^9$ кВт, то мощность СИ превышает современные потребности человечества в тысячи раз [1]. В Туркменистане около 300 солнечных дней в году. Среднегодовая интенсивность солнечного излучения на территории страны составляет 700–800 Вт/м², т.е. на 1 м² ее площади в год приходится 1800–2000 кВт·час энергии [2].

Для реализации сделанных прогнозов необходимы точные данные о величине солнечной энергии, ее динамике во времени (падение солнечной радиации на землю) в определенных географических точках, что позволит рационально разместить источники энергии в населенных пунктах.

Постановлением № 1207 Президента Туркменистана от 12.04.2019 г. утверждена Концепция освоения региона Туркменского озера Алтын асыр в 2019–2025 гг. На 1-й стадии (1-я стадия 2019–2022; 2-я стадия 2022–2025 гг.) концепции с целью защиты окружающей среды и внедрения «зеленых» технологий планируется строительство солнечной и ветряной комбинированной электростанций мощностью 10 МВт [3]. Станция состоит из фотоэлектрической солнечной электростанции мощностью 7 МВт и ветровой электростанции мощностью 3 МВт (рис. 1).

Цель работы: оценить ресурсы солнечной и ветровой энергии в районе оз. Алтын асыр.



Рис. 1. Общий вид солнечной и ветровой комбинированной электростанции мощностью 10 МВт

Методы исследования, теоретическая база. В ходе исследования проведены расчеты электроэнергии, которая будет вырабатываться при соответствующих условиях фотоэлектрической солнечной электростанцией мощностью 7 МВт и ветровой электро-

станцией мощностью 3 МВт, которые планируется построить и ввести в эксплуатацию возле озера Алтын асыр. В итоге установлена общая энергопроизводительность планируемых станций для данных географических координат (40°44' с.ш. и 56°47' в.д.). Оценки солнечной радиации для региона рассчитаны на основе актинометрических данных, взятых из базы данных НАСА.

По спутниковым данным величина солнечной радиации представляет собой значения её падения на горизонтальную плоскость, и если солнечные панели наклонены на определенный угол β в определенной точке горизонтальной плоскости, то по приведенной ниже формуле, рассчитав поступление солнечной энергии за один солнечный день, можно рассчитать среднее суммарное количество солнечной энергии, падающей на наклонную плоскость за один месяц [1]:

$$E_n = R \cdot E,$$

где E – среднемесячное количество солнечной энергии, поступающей на горизонтальную поверхность; R – отношение среднемесячных значений солнечной радиации, поступающей на наклонную и горизонтальную поверхности.

Коэффициент пересчета с горизонтальной плоскости на наклонную с южной ориентацией равен сумме трех составляющих, соответствующих прямому, рассеянному и отраженному солнечному излучению [1]:

$$R = \left(1 - \frac{E_p}{E}\right) \cdot R_n + \frac{E_p}{E} \cdot \frac{1 + \cos \beta}{2} + \rho \cdot \frac{1 - \cos \beta}{2},$$

где E_p – среднемесячное количество рассеянного солнечного излучения, поступающее на горизонтальную поверхность; E_p / E – среднемесячная доля рассеянного солнечного излучения; R_n – среднемесячный коэффициент пересчета прямого солнечного излучения с горизонтальной на наклонную поверхность; β – угол наклона поверхности солнечной батареи к горизонту; ρ – коэффициент отражения (альбедо) поверхности Земли и окружающих тел, обычно принимаемый равным 0.7 для зимы и 0.2 для лета.

Среднемесячный коэффициент пересчета прямого солнечного излучения с горизонтальной на наклонную поверхность равен [1]:

$$R_n = \frac{\cos(\varphi - \beta) \cdot \cos \delta \cdot \sin \omega_{\text{зн}} + \frac{\pi}{180} \cdot \omega_{\text{зн}} \cdot \sin(\varphi - \beta) \cdot \sin \delta}{\cos \varphi \cdot \cos \delta \cdot \sin \omega_3 + \frac{\pi}{180} \cdot \omega_3 \cdot \sin \varphi \cdot \sin \delta},$$

где φ – широта местности, град; β – угол наклона солнечной батареи к горизонту, град; δ – склонение Солнца за интервал Δt , которое обычно определяется по формуле Купера:

$$\delta = 23.45 \cdot \sin \left(360 \cdot \frac{284 + n}{365} \right),$$

где n – порядковый номер дня, отсчитанный от 1 января (номер среднего расчетного дня для каждого месяца года). Тем самым принимается, что значение $\delta(\Delta t) = \delta(n)$, т.е. склонение Солнца, считается постоянным для каждого n -го дня года, а 284 – константа, равная числу дней года, начиная с 21.03 и до 31.12. Численные значения $\delta(n_i)$ в течение года ($1 \leq n_i \leq 365$) для эмпирических расчетов суток каждого месяца приведены ниже в табл. 1 в соответствии с формулой Купера.

Таблица 1

**Численные значения $\delta(n_i)$ для характерных эмпирических
расчетов суток каждого месяца года**

Месяц	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
n	17	47	75	105	135	162	198	228	258	288	318	344
δ , град	-20.9	-13	-2.4	9.4	18.8	23.1	21.2	13.5	2.2	-9.6	-18.9	-23

Основной характеристикой ветра, определяющей интенсивность и эффективность использования ветровой энергии, является его средняя скорость за определённый период времени (сутки, месяц, год).

Среднегодовая скорость ветра определяется по [5]:

$$V_{\text{ср}} = \frac{1}{12} \sum_{i=1}^{12} V_M,$$

где V_M – среднемесячная скорость ветра, м/с.

Вертикальный профиль ветрового потока определяется по формуле:

$$V_{h2} = V_{h1} \left(\frac{h_2}{h_1} \right)^m,$$

где V_{h2} – скорость ветра на высоте h_2 ; V_{h1} – скорость ветра, измеренная на высоте флюгера, м/с; h_1 – высота флюгера, м; h_2 – высота оси ветроколеса относительно основания башни, м; m – степенной коэффициент, учитывающий характер изменения скорости ветра с высотой, для Туркменистана этот показатель равен 0.2 (РФ – 0.2; США – 0.18).

Для выполнения ориентировочных расчетов мощности ВЭУ используется упрощенная методика, содержание которой приведено ниже.

Кинетическую энергию воздушного потока можно определить по формуле [6]:

$$E = \frac{m \cdot V^2}{2},$$

где m – масса воздуха, кг; V – средняя скорость воздуха, м/с.

Если в эту формулу ввести секундную массу воздуха, проходящую через сечение S , то можно получить формулу для расчета мощности воздушного потока:

$$E = \frac{M \cdot V^2}{2},$$

где M – секунднй расход воздуха, кг/с, рассчитываемый по формуле:

$$M = \rho \cdot V \cdot S,$$

где ρ – плотность воздуха, кг/м³ (при выполнении расчетов рекомендуется принимать $\rho = 1.255$ кг/м³, соответствующую температуре 15°C и давлению 101.3 кПа). Окончательно получаем:

$$N = \frac{\rho \cdot V^3 \cdot S}{2}.$$

Если принять $S = 1 \text{ м}^2$, то получим удельную мощность воздушного потока (Вт/м^2):

$$N_{\text{уд}} = 0.5 \cdot \rho \cdot V^3.$$

С учетом изложенных выше соображений можно рассчитать полезную мощность ВЭУ (кВт) по формуле:

$$N_{\text{ВЭУ}} = N_{\text{уд}} \cdot S_{\text{ВЭУ}} \cdot \eta_P \cdot \eta_{\Gamma} \cdot \xi \cdot 10^{-3},$$

где $S_{\text{ВЭУ}}$ – площадь, ометаемая лопастями ветроколеса, м^2 ; η_P – КПД, учитывающий механические потери в роторе; η_{Γ} – КПД, учитывающий потери в генераторе; ξ – коэффициент использования энергии ветра, учитывающий профильные потери, вызываемые трением струй воздуха о поверхность лопастей и зависящие в основном от профиля лопастей, концевые потери, возникающие в результате образования вихрей, сходящих с концов лопастей, потери на закручивание струи воздуха за ветроколесом.

При выполнении расчёта $N_{\text{уд}}$ необходимо использовать величину средней скорости ветра на уровне высоты башни ВЭУ. Площадь, ометаемую лопастями ветроколеса, определяют по формуле:

$$S_{\text{ВЭУ}} = \frac{\pi \cdot D^2}{4},$$

где D – наружный диаметр ротора ВЭУ, м.

При выполнении ориентировочных расчетов рекомендуется принимать следующие величины коэффициентов, учитывающих потери при преобразовании кинетической энергии ветра в электрическую энергию:

$$\eta_P = 0.9; \eta_{\Gamma} = 0.95; \xi = 0.45.$$

Результаты и обсуждение. Определено сокращение объема выброса вредных газов (CO_2) в атмосферу, количество электроэнергии, производимой по месяцам в течение года, фотоэлектрической солнечной электростанцией мощностью 7 МВт, ориентируя их строго на юг с оптимальным годовым углом β относительно горизонтальной плоскости (табл. 2; рис. 2).

Таблица 2

Вырабатываемая электроэнергия фотоэлектрической солнечной электростанцией мощностью 7 МВт

Географические координаты, в град.		Оптимальный угол наклона β , в град.	Вырабатываемая электроэнергия СЭС за год, МВт·час	Количество сэкономленного природного газа, т	Снижение выбросов CO_2 , т
Северная широта	Восточная долгота				
40° 44'	56° 47'	38	16716.52	2507.48	6753.47

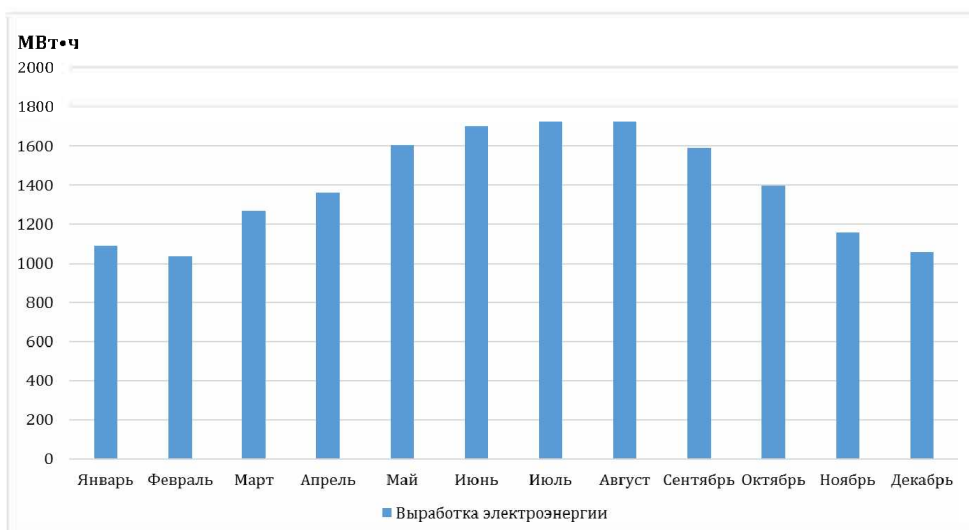


Рис. 2. Среднее количество электроэнергии, которое фотоэлектрическая солнечная электростанция может вырабатывать по месяцам, при оптимальном угле β относительно горизонтальной плоскости

По данным, собранным на основе замеров скорости ветра в районе оз. Алтын асыр за 2019–2021 гг., установлены средняя скорость ветра, количество вырабатываемой электрической энергии двумя ветровыми электростанциями номинальной мощностью 1.5 МВт каждая по месяцам и в среднем за год, сокращение объема выброса вредных газов (CO_2) в атмосферу (рис. 3, табл. 3).

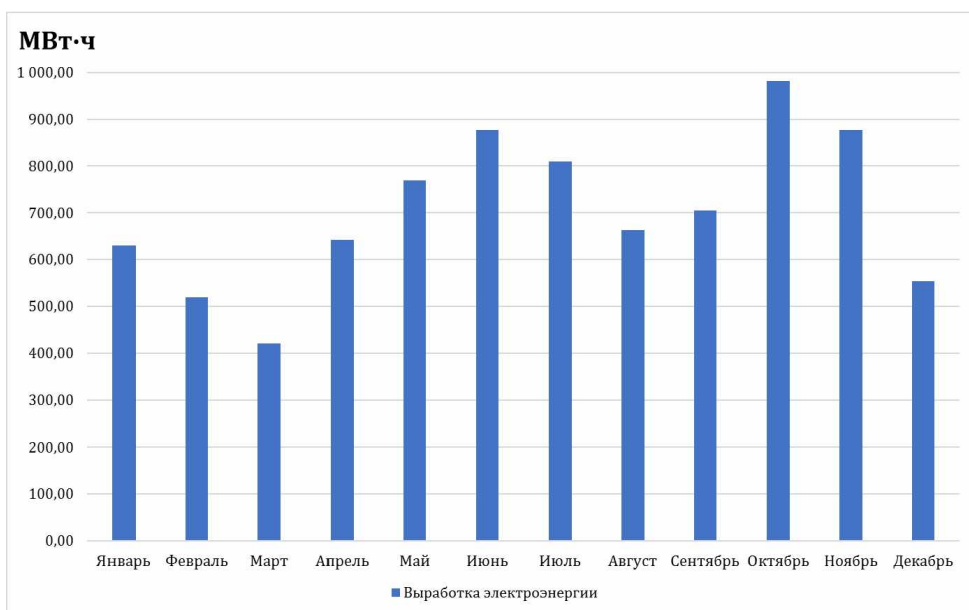


Рис. 3. Выработка электроэнергии ветровой электростанцией мощностью 3 МВт

Таблица 3

Вырабатываемая электроэнергия ветровой электростанцией мощностью 3 МВт

Географические координаты, в град.		Средне-годовая скорость ветра, м/с	Вырабатываемая электроэнергия ВЭС за год, МВт·час	Количество сэкономленного природного газа, т	Снижение выбросов CO ₂ , т
Северная широта	Восточная долгота				
40° 44'	56° 47'	6.8	8447.01	1267.1	3412.6

Заключение. Для территории озера Алтын асыр определён оптимальный относительно горизонтальной плоскости годовой угол наклона солнечных батарей, который равен 38°. По итогам работы предлагаем не использовать систему слежения за движением Солнца, а установить панели в неподвижном состоянии, ориентируя их строго на юг. В пределах Балканского велаята количество солнечной радиации на 1 м² в год равно 2814.15 кВт·час при годовом оптимальном угле наклона относительно горизонтальной плоскости солнечных панелей у озера Алтын асыр в 38°. Определено количество электроэнергии, которое фотоэлектрическая солнечная электростанция мощностью 7 МВт может выработать в течение года в заданной точке. Фотоэлектрическая солнечная электростанция мощностью 7 МВт в заданной точке вырабатывает 16716.52 МВт·час электроэнергии в год, что позволяет сэкономить 2507.48 т природного газа и предотвратить выброс 6753.47 т (CO₂) вредных газов в окружающую среду. Определено количество электроэнергии, которое ветровая электростанция общей мощностью 3 МВт в заданной точке вырабатывает 8247.01 МВт·час электроэнергии. Это позволяет сэкономить 1267.1 т природного газа и предотвращает выброс в окружающую среду 3412.6 т (CO₂) вредных газов.

Список источников

1. Виссарионов В. И., Дерюгина Г. В., Кузнецова В. А., Малинин Н. К. Солнечная энергетика: уч. пос. для вузов / под ред. В. И. Виссарионова. М.: Издательский дом МЭИ, 2008. 317 с.
2. Джумаев А. Научно-технический и методологический анализ ресурсов и развития солнечной энергии в Туркменистане: уч. пос. для вузов. Ашхабад, 2016. 213 с.
3. Концепция освоения региона Туркменского озера Алтын асыр в 2019–2025 годы. Ашхабад, 2019. 10 с.
4. Алланазаров Н. Особенности проектирования фотоэлектрической солнечной электростанции // Работы XXI Международной научно-технической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых «Исследования и разработки в области машиностроения, энергетики и управления». Гомель, 2021. 293 с.
5. Сарыев К. Возможности использования ветряных электростанций для обеспечения потребителей электроэнергией // Научно-технические основы использования возобновляемых источников энергии в Туркменистане. Ашхабад: Наука, 2021. С. 60–69.
6. Риполь-Сарагоси Т. Л., Кууск А. Б. Возобновляемые и нетрадиционные источники энергии: уч.-метод. пос. Ростов н/Д.: Рост. гос. ун-т. путей сообщения, 2019. 122 с.

References

1. Vissarionov V. I., Deryugina G. V., Kuznecova V. A., Malinin N. K. Solnechnaya energetika: uch. pos. dlya vuzov / Pod red. V. I. Vissarionova [Solar energy: textbook for universities]. Moscow: Izdatel'skij dom MEI, 2008. 317 p.
2. Dzhumaev A. Nauchno-tekhnicheskij i metodologicheskij analiz resursov i razvitiya solnechnoj energii v Turkmenistane: uch. pos. dlya vuzov [Scientific, technical and methodological analysis of resources and development of solar energy in Turkmenistan. Textbook for students of higher educational institutions]. Ashkhabad, 2016. 213 p.

3. Konceptsiya osvoeniya regiona Turkmenskogo ozera Altyn asyr v 2019–2025 gody [Concept for the Development of the «Altyn asyr» Turkmen Lake Region in 2019-2025]. Ashkhabad, 2019. 10 p.
4. Allanazarov N. Features of the design of a photovoltaic solar power plant. Raboty XXI Mezhdunarodnoj nauchno-tekhnicheskoy konferencii studentov, aspirantov i molodyh uchenyh «Issledovaniya i razrabotki v oblasti mashinostroeniya, energetiki i upravleniya» = Works of the XXI International scientific and technical conference of students, graduate students and young scientists «Research and development in the field of mechanical engineering, energy and management». Gomel', 2021. P. 293.
5. Saryev K. Possibilities of using wind farms to provide consumers with electricity. Nauchno-tekhnicheskie osnovy ispol'zovaniya vozobnovlyaemyh istochnikov energii v Turkmenistane = Scientific and technical bases for the use of renewable energy sources in Turkmenistan Scientific and technical bases for the use of renewable energy sources in Turkmenistan. Ashkhabad: Nauka, 2021. Pp. 60–69.
6. Ripol'-Saragosi T. L., Kuusk A. B. Vozobnovlyaemye i netradicionnye istochniki energii: uch.-metod. pos. [Renewable and non-traditional energy sources. Teaching aid.]. Rostov n/D.: Rostov State Transport University, 2019. 122 p.

Информация об авторе / Information about the author

Алланазаров Нурмухаммет Аганазарович

Инженер научно-производственного центра
«Возобновляемые источники энергии»

Государственный энергетический институт
Туркменистана, Мары, Туркменистан,
745400, ул. Байрамхана, д. 62

Nurmuhammet A. Allanazarov

Engineer of the scientific-productional center
of the «Renewable Energy Sources»

State Energy institute of Turkmenistan, 62
Bayramhan Street, Mary, 745400, Turkmeni-
stan

Мюлкиев Чары Клычевич

Старший преподаватель кафедры «Механика
и технологии металлов»

Государственный энергетический институт
Туркменистана, Мары, Туркменистан,
745400, ул. Байрамхана, д. 62

Chary G. Mulkiyev

Senior lecturer at the Department of «Mechan-
ics and Technology of Metals»

State Energy institute of Turkmenistan, 62
Bayramhan Street, Mary, 745400, Turkmeni-
stan

Батманов Джуманазар Худайназарович

Старший преподаватель кафедры «Механика
и технологии металлов»

Государственный энергетический институт
Туркменистана, Мары, Туркменистан,
745400, ул. Байрамхана, д. 62

Jumanazar H. Batmanov

Senior lecturer at the Department of «Mechan-
ics and Technology of Metals»

State Energy institute of Turkmenistan, 62
Bayramhan Street, Mary, 745400, Turkmeni-
stan

Акыммаев Язберди Агасапарович

Преподаватель кафедры «Механика и техно-
логии металлов»

Государственный энергетический институт
Туркменистана, Мары, Туркменистан,
745400, ул. Байрамхана, д. 62

Yazberdi A. Akymmayev

Lecturer at the Department of «Mechanics and
Technology of Metals»

State Energy institute of Turkmenistan, 62
Bayramhan Street, Mary, 745400, Turkmeni-
stan

Статья поступила в редакцию / The article was submitted
Одобрена после рецензирования / Approved after reviewing
Принята к публикации / Accepted for publication

25.01.2022
01.04.2022
08.04.2022