

# ANALYSIS OF SOLAR RADIATION ENERGY POTENTIAL IN THE TERRITORY OF THE REPUBLIC OF TAJIKISTAN

Nigmatov U.Zh.<sup>1</sup>, Naimov Sh.B.<sup>2</sup> (Russian Federation)

Email: Nigmatov514@scientifictext.ru

<sup>1</sup>*Nigmatov Ulugbek Zhurakuzievich – Intern,  
DEPARTMENT HYDROPOWER AND RENEWABLE ENERGY SOURCES;*

<sup>2</sup>*Naimov Shokhnazar Bobomurodovich – Master,  
DEPARTMENT POWER SUPPLY OF INDUSTRIAL ENTERPRISES AND  
ELECTROTECHNOLOGIES,  
NATIONAL RESEARCH UNIVERSITY "MOSCOW POWER ENGINEERING  
INSTITUTE",  
MOSCOW*

**Abstract:** *after the global energy crisis in the 1970s, the development of non-traditional and renewable energy began. Currently, the total capacity of existing renewable energy plants is about 600 GW, which is almost twice the capacity of all operating nuclear power plants in the world and about three times the capacity of all Russian power plants [1,2]. Renewable energy development is particularly relevant for those countries that lack natural resources (oil, gas, coal, etc.) to meet the needs of traditional energy stations. One such country is the Republic of Tajikistan. 93% of the territory of Tajikistan out of 142,970 km<sup>2</sup> is occupied by mountains, so of all renewable energy sources (wind, sun, hydropower, geothermal energy and low-potential heat of the land) the most accessible for the republic after is hydro- and solar energy [3-6].*

**Keywords:** *solar power, solar potential, alternative source, solar collector, photovoltaic installations.*

## АНАЛИЗ ПОТЕНЦИАЛА ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ЭНЕРГИИ СОЛНЕЧНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ НА ТЕРРИТОРИИ РЕСПУБЛИКИ ТАДЖИКИСТАН

Нигматов У.Ж.<sup>1</sup>, Наимов Ш.Б.<sup>2</sup> (Российская Федерация)

<sup>1</sup>*Нигматов Улугбек Журакузиевич – стажёр,  
кафедра гидроэнергетики и возобновляемых источников энергии;*

<sup>2</sup>*Наимов Шохназар Бобомуродович – магистр,  
кафедра электроснабжения промышленных предприятий и  
электротехнологий,*

*Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования Национальный исследовательский университет  
«Московский энергетический институт»,  
г. Москва*

**Аннотация:** после мирового энергетического кризиса в 70-х годах прошлого столетия началось развитие нетрадиционной и возобновляемой энергетики. В настоящее время суммарная мощность действующих энергоустановок на возобновляемых источниках энергии составляет около 600 ГВт, что почти в два раза больше мощности всех действующих атомных электростанций в мире и приблизительно в три раза больше мощности всех электростанций России [1, 2]. Особенно актуально развитие возобновляемой энергетики для тех стран, в которых недостаточно запасов природных ресурсов (нефти, газа, угля и т.д.), чтобы удовлетворить потребности станций, работающих на традиционных источниках энергии. Одной из таких стран является Республика Таджикистан. 93% территории Таджикистана из 142970 км<sup>2</sup> занимают горы, поэтому из всех возобновляемых источников энергии (ветер, солнце, гидроэнергетика, геотермальная энергия и низкопотенциальное тепло земли) наиболее доступной для республики является гидро- и солнечная энергетика [3-6].

**Ключевые слова:** солнечная энергетика, потенциал солнечной энергии, альтернативный источник, солнечный коллектор, фотоэлектрические установки.

## **Введение**

Развитие науки, технологий и производства, а также рост населения планеты ведет к увеличению потребления электроэнергии. Поэтому во всем мире ищут альтернативу традиционным источникам энергии в виде более безопасных, экологически чистых и возобновляемых. Одним из возможных решений данной проблемы является нетрадиционные источники энергии, а именно, солнечная энергия. Ссылаясь на достоверные источники, в которых проводится анализ по вопросу использования наиболее эффективного вида источника энергии, можно заключить что в Таджикистане существуют все условия для применения энергии солнца [8-12].

Территория Таджикистана разделена на самые различные геоклиматические зоны – от жарких пустынь до вечных ледников. На западе в пределы страны входят пустынные участки Туранской низменности, переходящие в предгорья. На востоке страны возвышаются горные хребты Тянь-Шаня и Памира, где расположены высочайшие горные вершины Центральной Азии (7495 м - пик Исмаила Самани). Свыше 80% ледников (как по площади, так и по объему) Центрально-азиатского региона находятся на территории Таджикистана.

Географическая широта и климат – главные факторы, определяющие возможности использования солнечной энергии. Республика Таджикистан расположена между 37° и 41° северной широты и полностью входит в так называемый «мировой солнечный пояс» (45° с.ш. – 45° ю.ш.). По данным

статистических наблюдений количество солнечных дней в году по республике составляет в среднем 280 – 330, интенсивность солнечной радиации в большинстве районов достигает  $1000 \text{ Вт/м}^2$ , а годовая сумма радиации превышает  $2000 \text{ кВт/м}^2$ . Количество годовой суммарной радиации в Таджикистане в два раза больше, чем в средней полосе Европы, где использование солнечной энергии носит самый широкий характер [12-18].

По укрупнённым оценкам потенциал солнечной энергии Республики Таджикистан составляет около 25,16 млрд. кВт·ч/год и может удовлетворить 10-20 % спроса на энергоносители. Как известно, КПД солнечных установок (элементов) в настоящее время невелики и составляют 12-18 %. Однако, ввиду сравнительно большого потенциала солнечной энергетики, даже при низком КПД за счёт энергии Солнца можно обеспечить общие потребности населения на 60-80 % в течение, по меньшей мере, десяти месяцев в году на всей территории Таджикистана. Поэтому в настоящее время программы развития электроэнергетики Республики Таджикистан рассматривают развитие солнечной энергетики как наиболее перспективное направление [3-8]. Эти обстоятельства позволяют считать Таджикистан естественной лабораторией для испытания установок и устройств альтернативной энергетики для различных климатических условий.

Широкомасштабное использование солнечной энергии в Таджикистане (особенно в сельской местности и горных регионах) будет способствовать не только улучшению энергообеспеченности населения, повышению жизненного уровня, но и одновременно развитию современных технологии, созданию наукоемкого производства в стране [14-18].

По предварительным расчетным данным [19,20], потенциал альтернативных энергоресурсов Таджикистана составляет: солнечного излучения - 3103 млрд. кВт·ч/год, энергии биомассы - 2 млрд. кВт·ч/год, энергии ветра - 25-150 млрд. кВт·ч/год, геотермальной энергии - 450 млрд. кВт·ч/год. Даже частичное использование этого потенциала позволит значительно улучшить доступ населения к энергоресурсам, стабилизировать энергобаланс и экологическую ситуацию в стране и в Центрально-азиатском регионе. В Таджикистане, на долю альтернативных источников энергии приходится приблизительно 2% общего энергобаланса и это в основном связано с внедрением микро- и мини-ГЭС. Всего в Таджикистане: более 300 малых ГЭС, небольшое количество ветроустановок (мощностью от 0,1 до 10 кВт), солнечные ФЭС (в сумме приблизительно 300 кВт), солнечные коллектора площадью приблизительно  $20\,000 \text{ м}^2$ .

Целью настоящей работы является оценка потенциала использования энергии солнечного излучения на территории Республики Таджикистан. Для достижения этой цели была произведена оценка эффективности

преобразования энергии солнечного излучения в трех регионах Республики Таджикистан.

### 1. Основные исходные данные

Природно-климатические условия Республики Таджикистан являются наиболее благоприятными для использования солнечной энергии. В среднем 280-330 солнечных дней в году, а интенсивность суммарной солнечной радиации в течение года колеблется от 280 до 925 МДж/м<sup>2</sup> в предгорных районах, а также от 360 до 1120 МДж/м<sup>2</sup> в горной местности. Использование солнечной энергии в Таджикистане может удовлетворить 10-20% спроса на энергоносители. По оценкам потенциал солнечной энергии Таджикистана составляет около 25 млрд. кВтч/год. Этот потенциал практически не используется, если не учесть некоторое его использование для нагрева воды [13,14].

Основными исходными данными для оценки потенциала солнечной энергетики и выбора наиболее оптимального места для размещения солнечной электростанции (СЭС) является количество суммарной (прямой и рассеянной) солнечной радиации на горизонтальную поверхность при действительных условиях облачности, которые являются справочными данными [3,4]. Для Республики Таджикистан они приведены в табл. 1.

*Таблица 1. Суммарная (прямая и рассеянная) солнечная радиация на горизонтальную поверхность при действительных условиях облачности, для характерных районов Республики Таджикистан*

Город, пункт	месяц											
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
Кайракумское водохранилище	216	280	418	561	722	833	839	760	601	408	245	164
Курган-Тюбе	188	268	389	528	691	812	837	823	616	427	264	172
Ледник Федченко	272	354	532	718	846	917	892	754	654	458	316	243

Однако для выбора наиболее оптимального района для размещения СЭС необходимо оценить продолжительность солнечного сияния в течение суток за месяц и за год. Методика расчёта изложена в [2]. Исходными данными являлись суммарная солнечная радиация, представленная в таблице 1 и координаты расположения районов (табл. 2).

*Таблица 2. Координаты характерных районов Республики Таджикистан*

Район	Широта	Долгота
Кайракумское водохранилище	41°15'44" с.ш.	69°47'28" в.д.
Курган-Тюбе	37°50'02" с.ш.	68°46'54" в.д.
Ледник Федченко	39°15' 37" с.ш.	72,2°46'54" в.д.

## 2. Расчетно-математическая часть

По методике, изложенной в [2] были произведены расчёты склонения солнца  $\delta$ , часового угла солнца  $\omega$  и продолжительности солнечного сияния в течение суток  $T_c$  в точке А с координатами ( $\varphi$ ,  $\psi$ ) в рассматриваемые сутки по месяцам и в течение года. По результатам выполненных расчётов для всех вышеприведённых характерных районов Республики Таджикистан построены зависимости, представленные на рис. 1÷3.

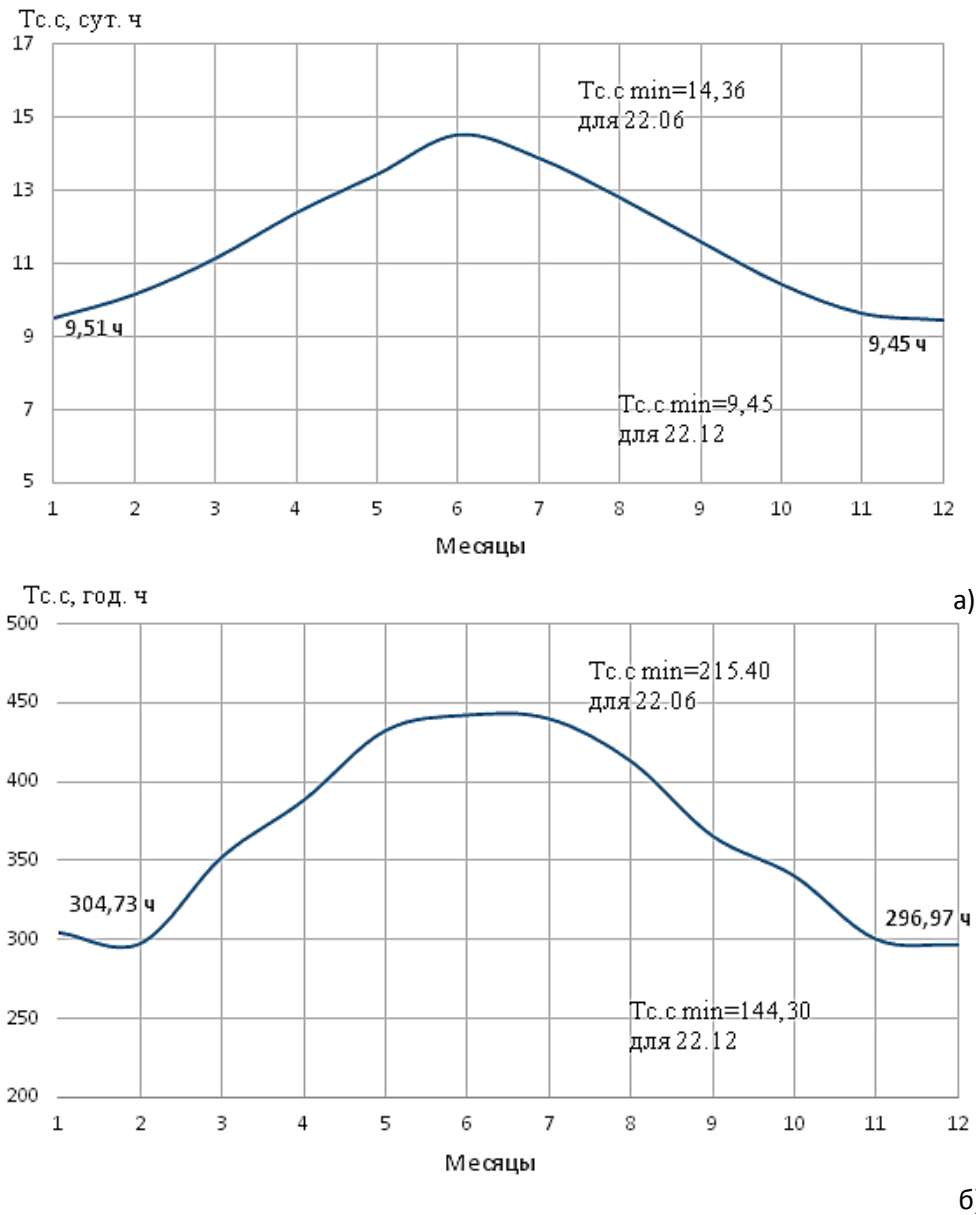
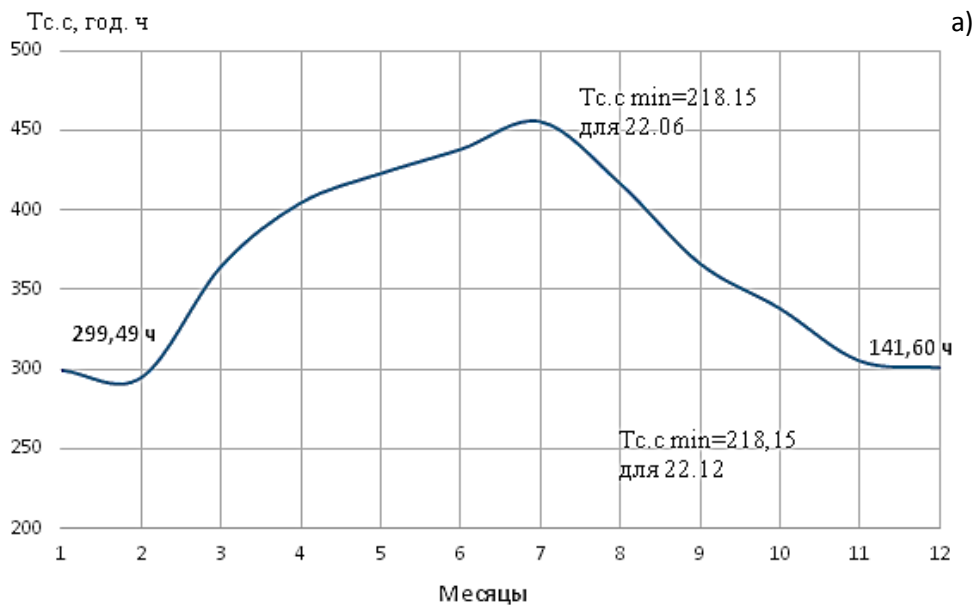
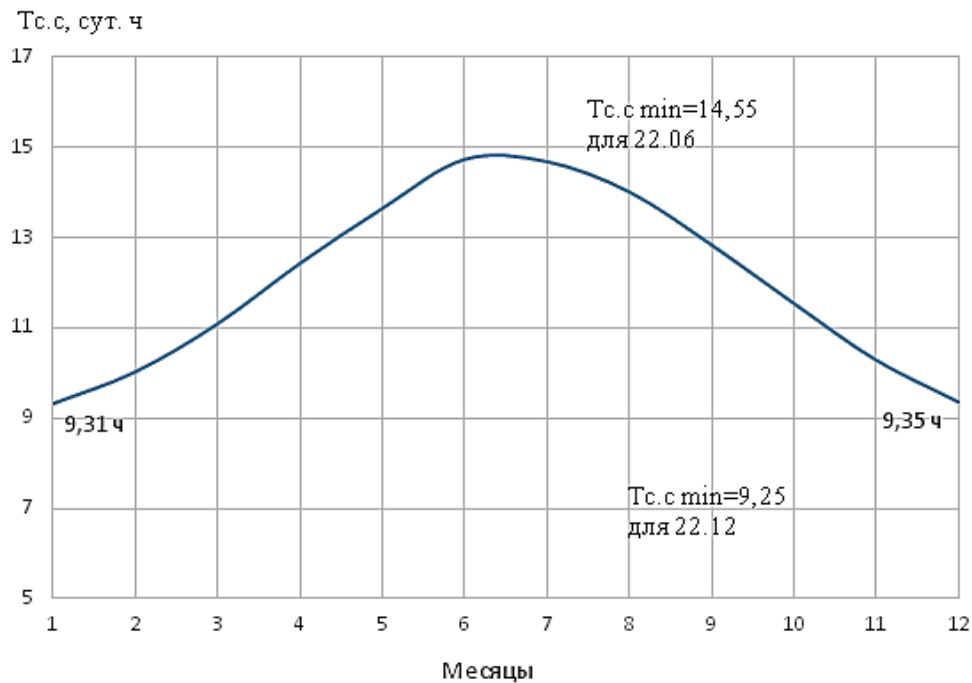


Рис. 1. График продолжительности солнечного сияния для Курган-Тюбе:  
а) за месяц, б) за год



б)  
 Рис. 2. График продолжительности солнечного сияния для Ледника Федченко:  
 а) за месяц, б) за год

Как видно из рис. 1 – 3 наибольшая продолжительность солнечного сияния за месяц и за год достигается для Курган-Тюбе (37°50'02" с.ш., 68°46'54" в.д.).

Однако при выборе оптимального места для устройства СЭС с использованием фотоэлектрических преобразователей необходимо знать не только продолжительность солнечного сияния, но и количество прямой солнечной радиации, т.к. для выработки фототока в солнечных элементах имеет значение именно количества прямой солнечной радиации. Поэтому

на втором этапе анализа потенциала солнечной энергетики для Республики Таджикистан были выполнены расчёты изменения максимальной суточной прямой солнечной радиации в течение года и потока солнечной радиации за год на горизонтальную площадку для всех характерных районов Республики Таджикистан.

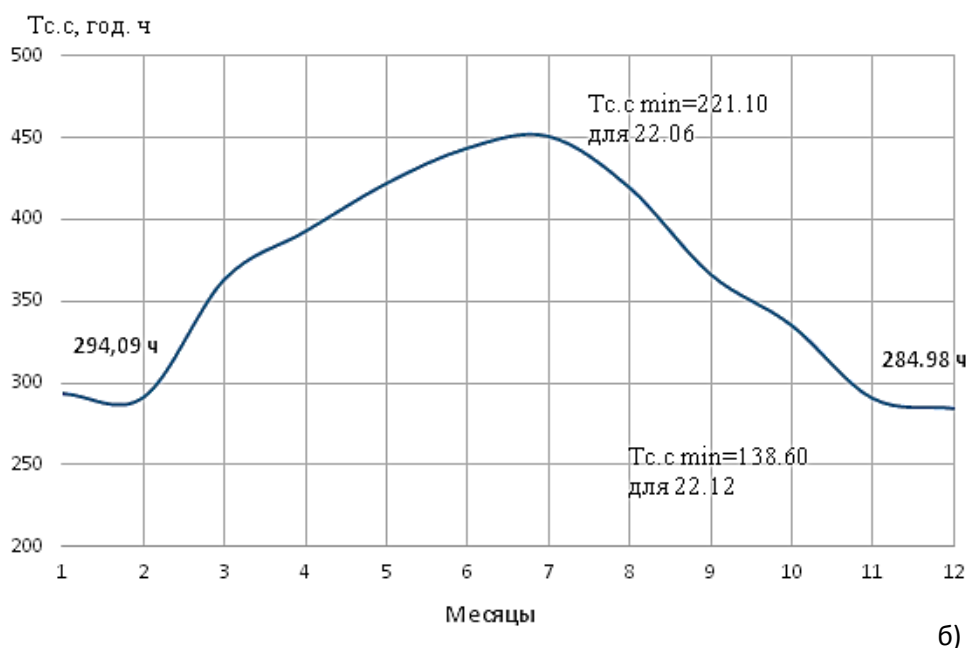
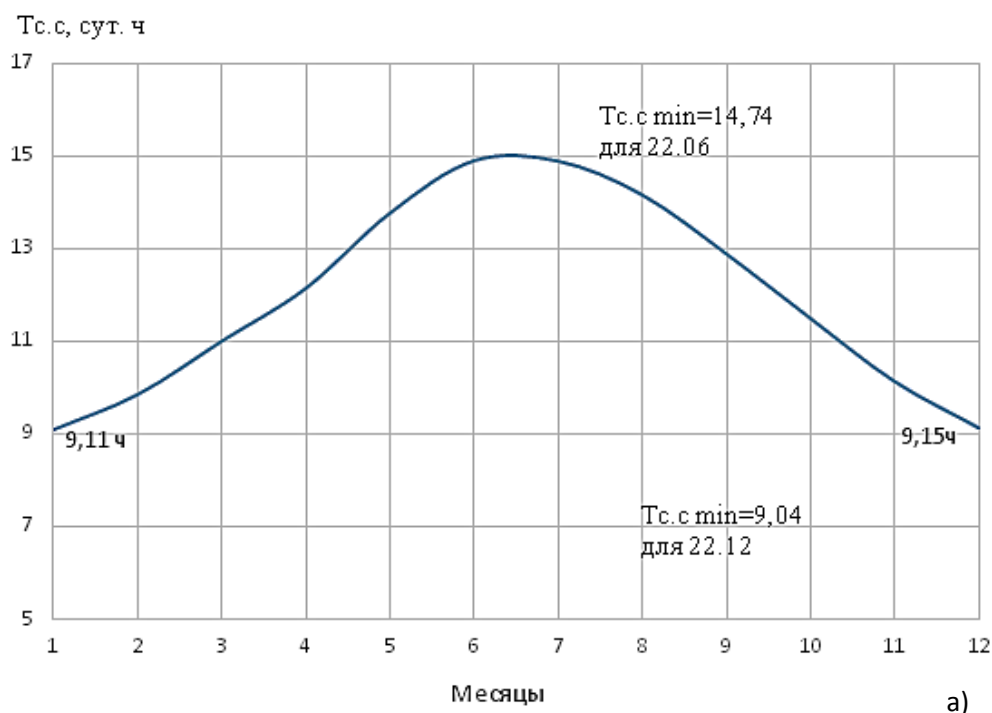
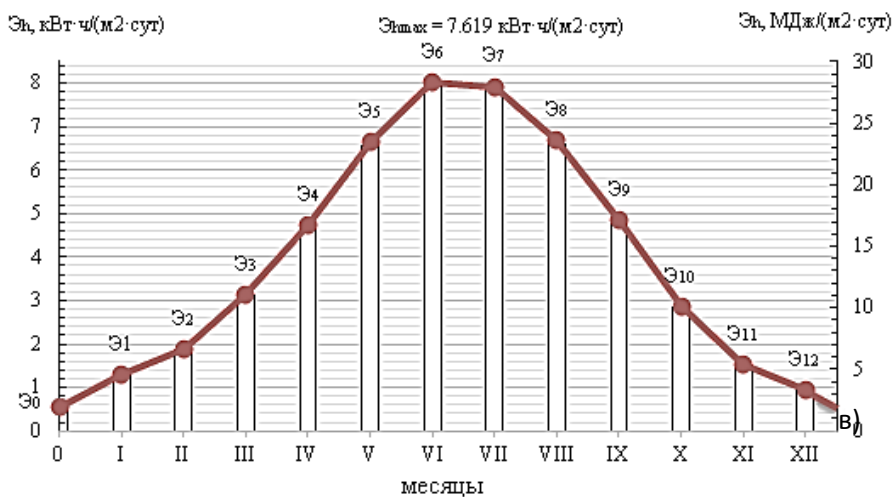
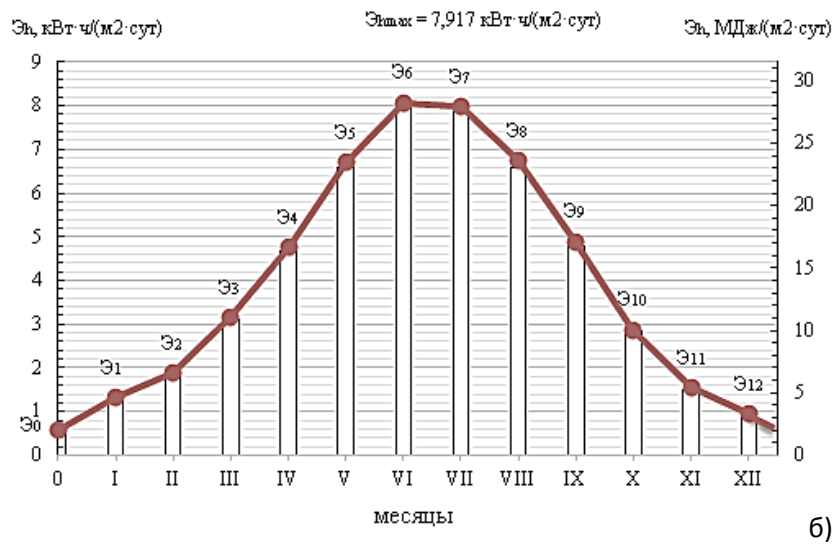
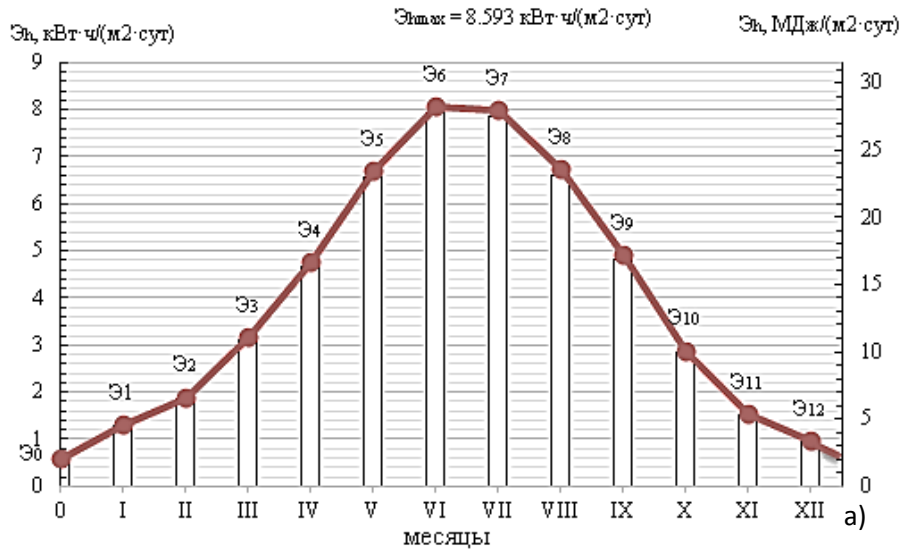


Рис. 3. График продолжительности солнечного сияния для Кайракумского водохранилища: а) за месяц, б) за год

Методики расчётов изменения максимальной суточной прямой солнечной радиации в течение года и потока солнечной радиации за год на горизонтальную площадку приведены в [2]. По результатам выполненных расчётов построены зависимости, представленные на рис. 4.





*Рис. 4. Изменение мощности максимальной суточной прямой солнечной радиации для горизонтальной площадки: а) для Курган-Тюбе, б) Кайракумского водохранилища и в) Ледника Федченко*

Как следует из зависимостей, представленных на рис. 4, максимальная прямая солнечная радиация для горизонтальной площадки также характерна для района Курган-Тюбе ( $37^{\circ}50'02''$  с.ш.,  $68^{\circ}46'54''$  в.д.). Поэтому исходя из определённых показателей выше, характеризующих потенциал солнечной энергетики, наиболее оптимальным местом для размещения СЭС с фотоэлектрическими преобразователями в Республике Таджикистан является район Курган-Тюбе, которая является административным центром Халтонской области и одним из крупных городов республики.

### **Выводы**

Энергетическая стратегия Республики Таджикистан направлена на достижение энергетической независимости страны и отражена во многих действующих программах и документах. Одной из основных целей в энергетике является обеспечение надёжного и качественного доступа к энергии всего населения страны, сферы производства и услуг, а также эффективное использование возобновляемых источников энергии, в частности солнечной энергии. По результатам, произведенного авторами анализа следует:

1. потенциал использования солнечной энергии на территории Республики Таджикистан очень велик и наиболее благоприятными являются вышеуказанные районы страны;
2. для повышения эффективности использования солнечной энергии необходимо правильно подобрать соответствующие проектировочные решения по строительству СЭС;
3. использование энергии солнечного излучения для автономного электроснабжения отдаленных от центрального электроснабжения населенных пунктов, является эффективным практически во всех рассмотренных регионах.

### ***Список литературы / References***

1. Солнечная энергетика: учеб. пособие для вузов. В.И. Виссарионов, Г.В. Дерюгина, В.А. Кузнецова, Н.К. Малинин, под ред. В. И. Виссарионов. М.: Издательский дом МЭИ, 2011. 276 с.
2. Друзь Н., Борисова Н., Асанкулова А., Раджабов И., Захидов Р., Таджиев У. Положение дел по использованию возобновляемых источников энергии в Центральной Азии. Перспективы их использования и потребности в подготовке кадров. Алматы, 2010. 144 с.

3. *Ахмедов Х.М., Каримов Х. С., Кабутов К.* Возобновляемые источники энергии в Таджикистане: состояние и перспективы развития. Физико-технический институт им. С.У. Умарова Академии наук республики Таджикистан. Доклад. Душанбе, 2010. 30 с.
4. *Кабутов К.* Инициативы по внедрению возобновляемых источников энергии (ВИЭ) и энергосберегающих проектов в Таджикистане. Доклад Центра исследования и использования ВИЭ. Физико-технический институт им. С.У. Умарова АН РТ. Душанбе, 2008. 50 с.
5. *Валаматзаде Т.* Энергетика Таджикистана: настоящее и ближайшее будущее. Центральная Азия и КавказЮ 2008. № 1 (55). С. 104-113.
6. *Ахмедов Х.М., Каримов Х.С.* Возможности получения и использования биогаза в Таджикистане. Второе изд. Душанбе: Дониш, 2008, 50 с.
7. *Стребков Д.С.* Развитие солнечной энергетики. Энергетика в глобальном мире: сб. тезисов докладов первого международного научно-технического конгресса. Красноярск: Версо, 2010. С. 157-157.
8. *Норматов И.Ш., Петров Г.Н.* Экономические вопросы развития гидроэнергетики Таджикистана. Академия наук Республики Таджикистан, Институт водных проблем, гидроэнергетики и экологии. Душанбе: Республиканский Пресс-Центр, 2007. 60 с.
9. *Зарипов Ш.С., Тимофеев А.С.* Перспективы развития возобновляемых источников энергии республики Таджикистан. Современные тенденции развития науки и производства: сборник материалов Международной научно-практической конференции (21-22 января 2016 года). Т.1. Кемерово: ЗапСибНЦ, 2016. С. 192-195.
10. *Салиев М.А., Назаров Р.Р., Иброгимов И.И.* Оценка возможностей солнечной энергетики в северных регионах Республики Таджикистан. Ученые записки Худжандского государственного университета им. акад. Б. Гафурова. Серия: Естественные и экономические науки, 2014. № 4 (31). С. 38-43.
11. *Карамылова Е., Назаров М.* Экономика энергоресурсов и перспектива использования альтернативных источников энергии в Таджикистане. Устойчивая энер-а и зеленые финансы. Сб. науч. ст. М., 2015. С. 66-70.
12. *Ахъеев Д.С., Киргизов А.К., Ядагаев Э.Г.* Нечеткие модели распределенной генерации возобновляемых источников энергии Республики Таджикистан. Научный вестник Новосибирского государственного технического университета, 2016. №3 (64). С. 117-130.
13. *Ашуров Д.* Развитие альтернативной энергетики в странах с климатическими условиями, схожими с Республикой Таджикистан. Сб. мат. всероссийской молодежной научно-практической школы «Энергостарт». Кузбасский государственный технический университет им. Т.Ф. Горбачева, Институт энергетики КузГТУ; Кузбасский филиал ООО «Сибирская генерирующая компания», 2016. С. 2.

14. *Хувайдо Р.* Технологии распределенной генерации и возможности их применения в Республике Таджикистан. Молодая мысль: наука, технологии, инновации материалы VII (XIII) Всероссийской научно-технической конференции студентов, магистрантов, аспирантов и молодых ученых, 2015. С. 200-202.
15. *Собирова Ш.Р.* Приоритетные направления развития энергетического комплекса Таджикистана. Вестник Таджикского государственного университета права, бизнеса и политики. Серия общественных наук, 2014. № 5 (61). С. 126-134.
16. *Бостонкулова Ж.С.* Современные виды энергии: сфера и перспективы их использования. Вестник Нарынского государственного университета им. С. Нааматова, 2015. № 1. С. 34-38.
17. *Ашуров Д.* Использование альтернативных источников питания горных населенных пунктов Республики Таджикистан. Инновации в технологиях и образовании сборник статей участников IX Международной научно-практической конференции, 2016. С. 142-144.
18. *Сафорзода А.Х., Солопов Р.В.* Характеристика возобновляемых источников энергии Республики Таджикистан. Информационные технологии, энергетика и экономика электроэнергетика, электротехника и теплоэнергетика, математическое моделирование и информационные технологии в производстве: сборник трудов XIII Международной научно-технической конф-и студентов и аспирантов, 2016. С. 63-67.
19. Солнечная энергетика. Состояние, возможности использования и перспективы развития. Составители: Ахмедов Х.М., Галигалис С., Эльназаров А. Душанбе: Дониш, 2007. С. 96. Илл. 34.
20. Нормативные правовые акты и национальные стандарты по возобновляемым источникам энергии, действующие в республике Таджикистан Душанбе, 2011 г. С. 280.