

**ВЛИЯНИЕ ОБЛАЧНОСТИ
МЕСТНОСТИ НА РАБОТУ
СОЛНЕЧНОЙ
ФОТОЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ
УСТАНОВКИ**

Салиев Малик Абдулатипович - кандидат технических наук, ведущий научный сотрудник Центра инновационного развития науки и новой технологии НАН Республики Таджикистан, e-mail: malik.saliev@mail.ru.

Назаров Раим Рахмонович - кандидат физико-математических наук, доцент ГОУ «ХГУ имени академика Б.Гафурова» (Республика Таджикистан, г.Худжанд), e-mail: raim.nazarov@mail.ru.

Кудузова Мафтунна Абдуджамилевна - магистрант 2-го курса ГОУ «ХГУ имени академика Б.Гафурова» (Республика Таджикистан, г.Худжанд), e-mail: maftuna_02.96@mail.ru

**ТАЪСИРИ АБРНОКИИ МИНТАҚА
БА СОДИРОТИ ДАСТГОҲИ
ОҒТОБИИ ФОТОЭЛЕКТРИКӢ**

Салиев Малик Абдулатипович - номзоди илмҳои техники, корманди пешбари илмии Маркази рушди инноватсионии илм ва технологияҳои нави Академияи Миллии Илмҳои ҚТ, e-mail: malik.saliev@mail.ru.

Назаров Раим Раҳмонович - номзоди илмҳои физика – математика, дотсенти МДТ “ДДХ ба номи академик Б.Гафуров” (Ҷумҳурии Тоҷикистон, ш.Хуҷанд), e-mail: raim.nazarov@mail.ru.

Кудузова Мафтунна Абдучамилевна - магистранти курси 2-уми МДТ “ДДХ ба номи академик Б.Гафуров” (Ҷумҳурии Тоҷикистон, ш.Хуҷанд), e-mail: maftuna_02.96@mail.ru

**INFLUENCE OF TERRAIN CLOUD
ON THE OPERATION OF A SOLAR
PHOTOELECTRIC INSTALLATION**

Saliev Malik Abdulatipovich - Candidate of Technical Sciences, Leading Researcher Center for Innovative Development of Science and Technology of the Academy of Sciences of the Republic of Tajikistan, e-mail: malik.saliev@mail.ru.

Nazarov Raim Rahmonovich - Candidate of Physics and Mathematical Sciences, Professor's assistant of PEI «Khujand State University named after academician B.Gafurov», (Tajikistan Republic, Khujand), e-mail: raim.nazarov@mail.ru.

Kuduzova Maftuna Abdujamilovna - Master of the PEI «Khujand State University named after academician B.G.Gafurov» (Tajikistan Republic, Khujand), e-mail: maftuna_02.96@mail.ru

Ключевые слова: солнечная энергия, электрическая энергия, фотоэлектрическая установка, влияние облачности на выработку электроэнергии.

В данной работе исследуется влияние облачности местности на работу фотоэлектрической установки на основе данных непрерывного мониторинга выработки электроэнергии. Получена оценка уменьшения выработки из-за облачности для временного интервала суток, недель, декады, месяца, год.

Вожаҳои калидӣ: энергияи офтоб, энергияи электрикӣ, дастгоҳи фотоэлектрикӣ, таъсири абрнокӣ ба истеҳсоли энергияи электрикӣ.

Дар кори мазкур таъсири абрнокӣ минтақа ба содироти дастгоҳи фотоэлектрикӣ дар асоси маълумоти мониторинги бефосилаи истеҳсоли энергияи электрикӣ омӯхта, ба камшавии содирот бо сабаби абрнокӣ дар фосилаҳои гуногуни рӯз, ҳафта, даҳа, моҳ, мавсим, сол баҳо дода шудааст.

Key words: solar energy, electrical energy, solar photoelectric device, the impact of clouds on electricity generation.

In this study, the influence of terrain cloud on the operation of a photovoltaic installation is investigated based on data from continuous monitoring of electricity generation. An estimate of the reduction in electricity generation due to cloudiness was obtained for the time interval of a day, weeks, decade, month, year.

Исследование влияния погодных факторов на работу солнечных фотоэлектрических установок по архивным метеорологическим данным видимости приведены в работе [1]. Оценка возможностей солнечной энергии на основе анализа данных по суммарной солнечной радиации в условиях Республики Таджикистан дана в [2]. Влияние климатических, метеорологических и технических факторов на энергетическую эффективность СФЭУ при реальных условиях эксплуатации исследовано в [3,4,5]. Выработка электроэнергии в осенне-зимний период в отдельные пасмурные дождливые дни, из-за облачности практически уменьшается в сотни раз [4,6]. Методика определения относительного месячного коэффициента облачности описана в работе [4]. Для оценки относительных месячных коэффициентов облачности местности использованы данные по среднемесячной суточной выработке и максимальной суточной выработке СФЭУ на середину месяца.

В данной работе исследуется относительный коэффициент облачности для суточного, пятидневного, недельного и декадного интервала времени.

Целью исследования является оценка уменьшения выработки СФЭУ за счет атмосферных процессов, облачности, осадков, загрязнений, пыли характерных для данной местности. Комплексная оценка уменьшения выработки за счет указанных факторов необходима для оценки экономических показателей солнечных электростанций, проектируемых для конкретных регионов, что является актуальной задачей диверсификации энергетики.

Теоретическое обоснование методики исследований влияния облачности на выработку электроэнергии солнечной установки приведено ниже.

Электрическая мощность P_i на выходе СФЭУ определяется по формуле:

$$P_i = I_i U_i \quad (1)$$

где I_i - ток, U_i - напряжение для i - го интервала времени.

Выработка электроэнергии в заданном интервале i определяется как:

$$W_i = P_i \Delta t_i \quad (2)$$

где $\Delta t_i = \text{const} = 5$ мин является интервалом измерений. Величина P_i считается средней электрической мощностью в i - том интервале. Число измерений $N=288$ в сутки. Суточная выработка электроэнергии W_c определяется суммой выработки W_i в интервале от 1 до N :

$$W_c = \sum_{i=1}^N W_i \quad (3)$$

Выработка электроэнергии СФЭУ за n дня определяется по формуле:

$$W_n = \sum_{i=1}^n W_{ci} \quad (4)$$

здесь $n = 1, 5, 7, 10, D$, где число дней $D = 28, 29, 30, 31$ для месяцев года.

Например, среднесуточная выработка электроэнергии в декадах ($n = 10$) определяется по формуле:

$$\langle W_{cd} \rangle = W_d / 10 \quad (5)$$

Максимальная выработка W_{cmax} соответствует середине интервала $n/2$.

Относительный декадный коэффициент облачности определяется как:

$$K_d = \langle W_{cd} \rangle / W_{cmax} \quad (6)$$

Условный показатель прозрачности атмосферы определяется по формуле:

$$T_d = 1 - K_d \quad (7)$$

Методика определения КПД СФЭУ и оборудование солнечной установки с цифровой информационной системой описана в работе [3]. Методика исследования влияния облачности на выработку электроэнергии СФЭУ описана в работе [4]. Информационная система на основе микрокомпьютера обеспечивает непрерывный мониторинг выходного тока и напряжения СФЭУ с площадью $S=1,8$ м². Система регистрации данных обеспечивает запись и хранение данных на флэш-карту объемом 1 Гб.

Результаты исследования суточной W_c и среднесуточной $\langle W_c \rangle$ выработки электроэнергии СФЭУ в январе 2020 г. представлены на рисунке 1.

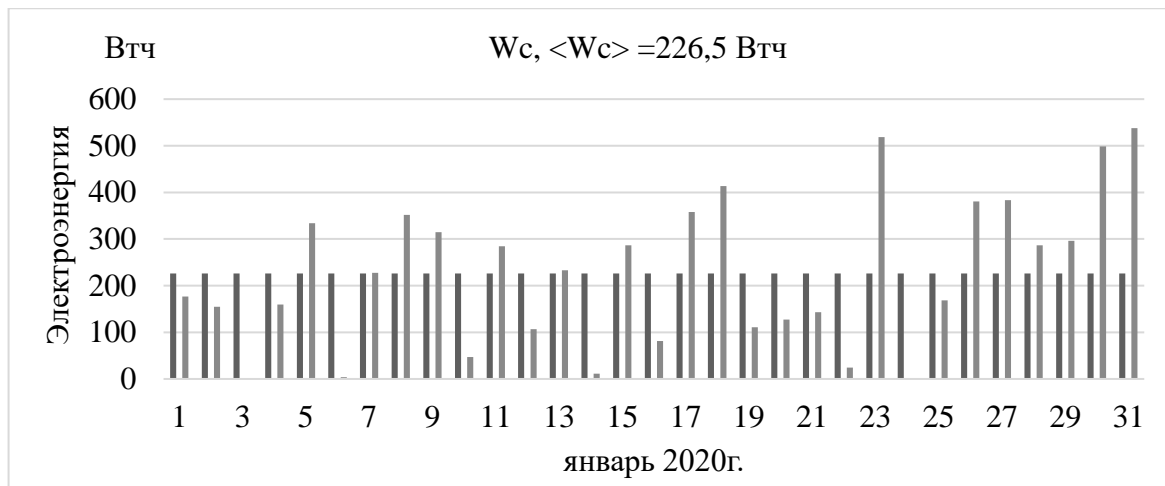


Рисунок 1. Суточная и среднесуточная выработка электроэнергии СФЭУ

Месячная сумма выработки электроэнергии СФЭУ в январе составила

$$W_m = \sum W_c = 7022,5 \text{ Втч} = 7,023 \text{ кВтч.}$$

Максимальная суточная выработка - $W_{cmax} = 537,7 \text{ Втч}$ (31.01.2020).

Среднемесячная суточная выработка - $\langle W_c \rangle = W_m / 31 = 226,5 \text{ Втч}$.

Динамический диапазон суточной выработки в январе определяется областью $0 < W_c < 0,54 \text{ кВтч}$. Суточная выработка W_c в облачные, дождливые дни 3,6,10,14, 22, 24 января 2020г. практически близко к нулю.

Выработка электроэнергии СФЭУ за 2019г. в декадных интервалах и декадные относительные коэффициенты облачности местности показаны на рисунке 2а,б.

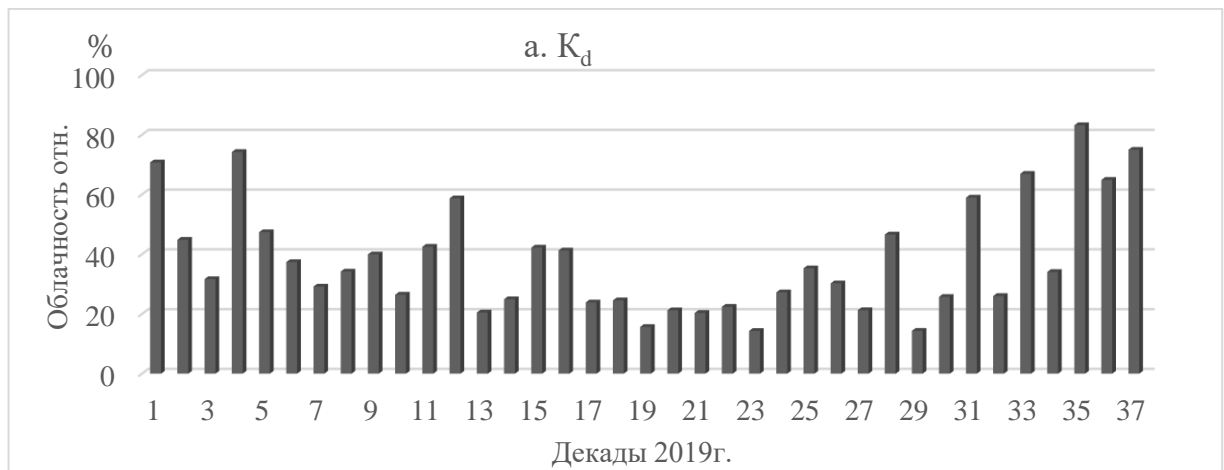
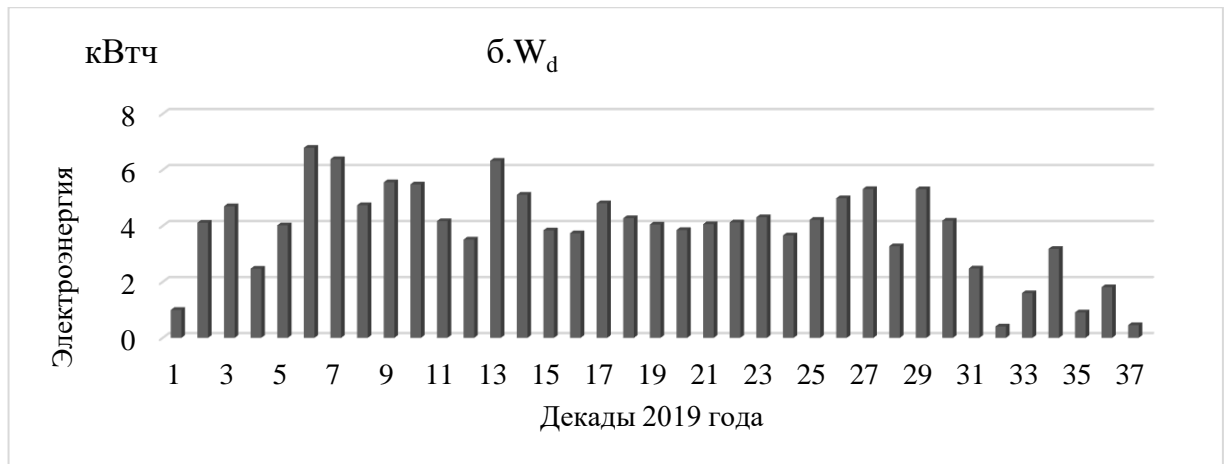


Рисунок 2. Выработка электроэнергии СФЭУ в декадных интервалах а), относительные декадные коэффициенты облачности местности б).

Уменьшение выработки электроэнергии СФЭУ наблюдается при увеличении облачности местности в осенне-зимний период.

Выработка электроэнергии в 6 – ой декаде 2019 г. достигает максимума и она равна 6,8 кВт.ч. Понижение выработки в летние месяцы связано с уменьшением потребления электроэнергии и работой контролера заряда [3]. Декадный коэффициент облачности достигает до 85% в зимний период и уменьшается до 14% в летний период. Пылевое загрязнение атмосферы становится определяющим фактором уровня инсоляции летом [7].

Выработка электроэнергии СФЭУ для декадного интервала времени за 10 дней января 2020г. показана на рисунке 3.

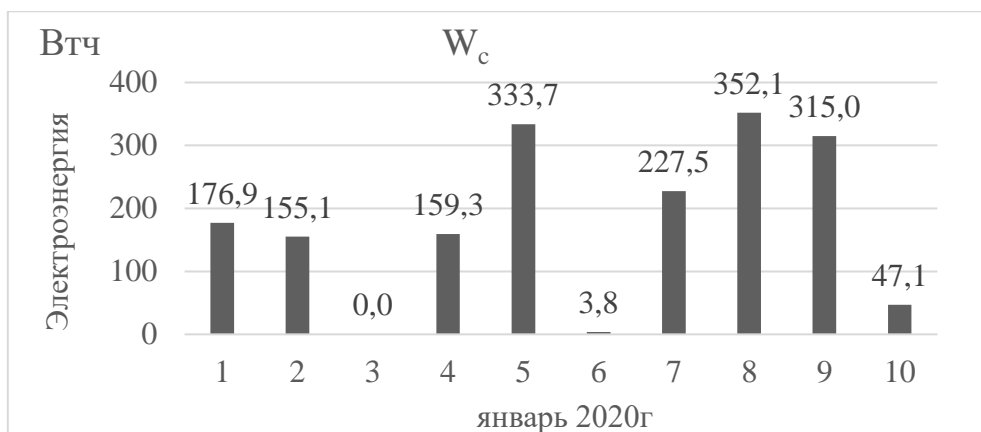


Рисунок 3. Суточная выработка электроэнергии W_c в 1 декаду 2020г.

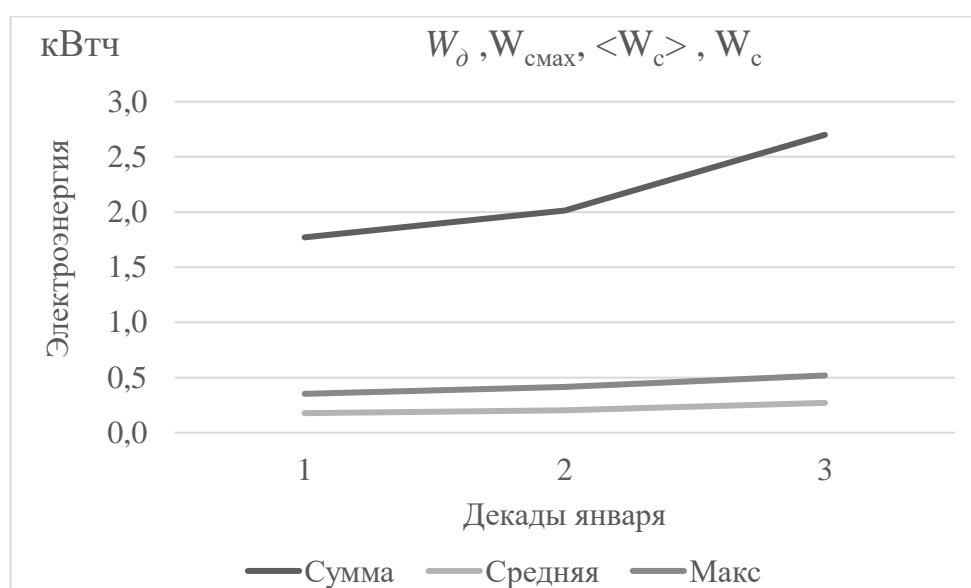


Рисунок 4. Декадная сумма W_∂ , максимальная $W_{сmax}$ и средняя $\langle W_c \rangle$ суточная выработки электроэнергии СФЭУ за январь 2020г.

Сумма выработки электроэнергии СФЭУ за 1 декаду 2020г. составила

$$W_\partial = \sum W_c = 1771 \text{ Втч} = 1,771 \text{ кВтч.}$$

Максимальная суточная выработка - $W_{сmax} = 333,7 \text{ Втч} (05.01.2020)$.

Средняя суточная выработка - $\langle W_c \rangle = W_\partial / 10 = 177,1 \text{ Втч}$.

Динамический диапазон суточной выработки в 1 декаде января 2020г. определяется областью $0 < W_c < 0,352 \text{ кВтч}$.

Зависимость суммы выработки электроэнергии для суточного интервала времени W_c имеют вид ломанных прямых и для каждого дня месяца изменяются скачкообразно (см. Рисунок 3).

Сумма W_∂ , максимальной $W_{сmax}$, средней $\langle W_c \rangle$ суточной выработки электроэнергии СФЭУ для декадного интервала показаны на рисунке 4.

При декадном расчетном интервале все три параметра сглаживаются и имеют монотонный рост. Декадный анализ произведенный на основе суточных данных позволяет проведение более детальных исследований влияния облачности на выработку электроэнергии СФЭУ [8,9].

Таким образом, исследована суточная, декадная, месячная, годовая полезная электрическая энергия СФЭУ. Разработана методика и исследована динамика облачности местности на основе базы данных выработки электроэнергии СФЭУ при заданном параметре интервала времени.

Получена оценка уменьшения выработки энергии из-за облачности местности (г.Худжанд) для интервалов времени 1,5,7,10 суток, месяц, год.

Показано, что временной параметр полного цикла процесса образования облачности и очищения атмосферы составляет не более 10 суток.

Выявлено, что декадный коэффициент облачности местности достигает до 85% в зимний период и уменьшается до 14% в летний период для 2019 года.

ЛИТЕРАТУРА

1. В.А.Шакиров, А.Ю.Артемьев. Методика учета влияния облачности на поток солнечной радиации по данным архивов метеостанций // Журнал «Методы, системы, технологии», 2014, № 4 (24), с. 79-83.
2. Салиев М.А., Назаров Р.Р., Иброгимов И.И. Оценка возможностей солнечной энергетики в северных регионах Республики Таджикистан // Ученые записки ХГУ им.акад. Б.Гафурова. Естественные и эконом. науки. – Худжанд, 2014, №4(31), с.39-43.
3. Салиев М.А., Ахмедов Х.М. Эффективность солнечной фотоэлектрической установки в реальных условиях эксплуатации. Изв. АН РТ. Отд. физ.-мат., хим., геол. и техн. наук, №1, 2018, с.57-63.
4. Салиев М.А., Юмаев Н.Р., Джураев Э., Ахмедов Х.М., Оценка влияния климатических условий на эффективность работы солнечной фотоэлектрической установки. Доклады АН РТ, 2019, №1-2, с.78-83.
5. Салиев М.А., Мирзокибилова Ф.О., Юсупова М.З., Ахмедов Х.М. Использование цифровой технологии контроля для оценки влияния климатических факторов на работу солнечной фотоэлектрической установки // Изв. АН РТ. Отд. физ.-мат., хим., геол. и тех. наук, 2020, №4 (181), с.148-15
6. Мирзокибилова Ф.О., Нозиров Д., Салиев М.А., Абдуллаев С.Ф., Кабутов К. Влияние климатических условий на эффективность солнечной фотоэлектрической установки. Международный научный журнал Инновационная наука, ISSN 2410-6070, №4/2020, с.51-57.
7. Назаров Б.И., Салиев М.А., Махмудов А.Н., Абдуллаев С.Ф. Влияние аэрозольного загрязнения атмосферы на работу солнечных приемников // Доклады АН Республики Таджикистан. 2016, т.59, №5-6, с.206-213.
8. Кудузова М.А., Мирзокибилова Ф.О., Салиев М.А., Назаров Р.Р. Цифровые технологии исследования выработки электроэнергии солнечной фотоэлектрической установки // “Баррасии муаммоҳои муосири илмҳои физикаю техника ва технологияи нимноқилҳо”. Маводи конференсияи байналмиллалии илмӣ-амалӣ бахшида ба “Бистсолаи омузиш ва рушди фанҳои табиатшиносӣ, дақиқ ва риёзӣ дар соҳаи илму маориф”, Хучанд, 18-19 майи соли 2021, С. 323-324.
9. Кудузова М.А., Мирзокибилова Ф.О., Салиев М.А., Назаров Р.Р. Исследование влияния облачности местности на выработку электроэнергии солнечной фотоэлектрической установки // “Баррасии муаммоҳои муосири илмҳои физикаю техника ва технологияи нимноқилҳо”. Маводи конференсияи байналмиллалии илмӣ-амалӣ бахшида ба “Бистсолаи омузиш ва рушди фанҳои табиатшиносӣ, дақиқ ва риёзӣ дар соҳаи илму маориф”, Хучанд, 18-19 майи с.2021, С.325-327.

LITERATURE

1. V.A. Shakirov, A.Yu. Artemiev. The method of accounting for the influence of cloudiness on the solar radiation flux according to the archives of meteorological stations // Journal "Methods, systems, technologies", 2014, No. 4 (24), pp. 79-83.
2. Saliev M.A., Nazarov R.R., Ibrogimov I.I. Assessing the possibilities of solar energy in the northern regions of the Republic of Tajikistan - // Uchenye zapiski KhSU im.acad. B. Gafurov. Natural and economy. science. - Khujand, 2014, No. 4 (31), pp. 39-43.

3. Saliev M.A., Akhmedov Kh.M. Efficiency of a solar photovoltaic installation under real operating conditions. *Izv. AN RT. Dep. physic.-math., chem., geol. and tech. Sciences*, No. 1, 2018, pp. 57-63.
4. Saliev M.A., Yumaev N.R., Juraev E., Akhmedov Kh.M. Assessment of the influence of climatic conditions on the efficiency of a solar photovoltaic installation. *Reports of the Academy of Sciences of the Republic of Tajikistan*, 2019, No. 1-2, pp. 78-83.
5. Saliev M.A., Mirzokobilova F.O., Yusupova M.Z., Akhmedov Kh.M. Using digital control technology to assess the influence of climatic factors on the operation of a solar photovoltaic installation. *Izv. AN RT. Department of Physics, Mathematics, Chem., Geol. and those. Sciences*, 2020, No. 4 (181), pp. 148-15.
2. Mirzokobilova F.O., Nozirov D., Saliev M.A., Abdullaev S.F., Kabutov K. Influence of climatic conditions on the efficiency of a solar photovoltaic installation. *International scientific journal Innovative Science*, ISSN 2410-6070, No. 4/2020, pp.51-57.
3. Nazarov B.I., Saliev M.A., Makhmudov A.N., Abdullaev S.F. Influence of aerosol pollution of the atmosphere on the operation of solar receivers // *Reports of the Academy of Sciences of the Republic of Tajikistan*. 2016, v.59, No. 5-6, pp.206-213.
4. Kuduzova M.A., Mirzokobilova F.O., Saliev M.A., Nazarov R.R. Digital technologies for the study of power generation of a solar photovoltaic installation // "Barrasii muammohoi muosiri ilmkhoi physics technique and technology and nimmnoqilho". *Mavodi konferenciai baynalmillalii ilmi amali bakhshida ba "Bistsolai omuzish va rushdi fanhoi tabiatshinosi, daqiq va riyozii dar sohail ilmu maorif"*, Khujand, Mayi 18-19, 2021, pp. 323-324.
5. Kuduzova M.A., Mirzokobilova F.O., Saliev M.A., Nazarov R.R. Study of the influence of cloudiness of the area on the generation of electricity of a solar photovoltaic installation // "Barrasii muammohoi muosiri ilmkhoi physics technique va technology and nimnokylho" bakhshida ba "Bistsolai omuzish va rushdi fanhoi tabiatshinosi, daqiq va riyozii dar sohail ilmu maorif", Khujand, Mayi 18-19, 2021, pp.325-327.