УДК 621.311.243
МРНТИ 44.29.29
DOI 10.56525/RACQ3076

РОЛЬ СОЛНЕЧНЫХ ПАНЕЛЕЙ В УСТОЙЧИВОМ РАЗВИТИИ ПРИАРАЛЬЯ

О.Н. Юсупов, *С.К. Абдижалиев, С.М. Касымов, А.Е. Отарбаев, С.А. Турсынбаев
Нукусский государственный педагогический институт имени Ажинияза,
Нукус, Узбекистан
e-mail: yuon72@gmail.com, sultanbekabdijaliev@gmail.com,
salamatdinkasimov82@gmail.com, andarayza@gmail.com, sabirbay.tursinbaev@gmail.com
Корреспондент автор: sultanbekabdijaliev@gmail.com

Аннотация: В статье рассматривается роль солнечных панелей в устойчивом развитии Приаралья, включая Республику Каракалпакстан и казахстанскую часть Приаралья, прежде всего территории Кызылординской области, расположенные вблизи Аральского моря. Актуальность исследования обусловлена высоким уровнем солнечной радиации, засушливым климатом, экологическими последствиями высыхания Аральского моря, удалённостью части населённых пунктов и необходимостью повышения надёжности электроснабжения социально значимых объектов. Методика исследования основана на анализе научной литературы, международных аналитических источников, данных по солнечному потенциалу Узбекистана и Казахстана, а также на расчётной оценке ожидаемой годовой выработки фотоэлектрических систем мощностью 5, 20 и 50 кВт. Для условий Приаралья использован оценочный диапазон удельной годовой выработки 1350-1600 кВт·ч/кВт·год, учитывающий различия между северо-западом Узбекистана и южными регионами Казахстана. Показано, что система мощностью 5 кВт может производить 6750-8000 кВт·ч электроэнергии в год, 20 кВт - 27 000-32 000 кВт·ч, а 50 кВт - 67 500-80 000 кВт·ч. Обосновано, что солнечные панели имеют важное значение для автономного и сетевого электроснабжения домов, школ, медицинских пунктов, фермерских хозяйств, насосных станций и объектов экологического мониторинга. Сделан вывод, что развитие солнечной энергетики в Приаралье может стать общерегиональным инструментом повышения энергетической безопасности, экологической устойчивости и практико-ориентированного образования.

Ключевые слова: солнечная энергия; фотоэлектрические панели; Приаралье; Каракалпакстан; Кызылординская область; возобновляемая энергетика; энергетическая безопасность; устойчивое развитие.

Введение

Развитие возобновляемых источников энергии является одним из приоритетных направлений современной энергетической политики. Для территорий с высоким уровнем солнечной радиации солнечная энергетика рассматривается не только как технологическая альтернатива традиционным источникам энергии, но и как инструмент повышения энергетической безопасности, экологической устойчивости и качества жизни населения. Узбекистан и Казахстан обладают значительным потенциалом для внедрения фотоэлектрических систем, что подтверждается международными оценками солнечных ресурсов и аналитическими материалами по развитию возобновляемой энергетики [1-4].

Особую актуальность солнечная энергетика имеет для Приаралья. В настоящей статье под Приаральем понимаются территории, непосредственно связанные с экологическими и социально-экономическими последствиями высыхания Аральского моря: Республика Каракалпакстан в Узбекистане и казахстанская часть Приаралья, прежде всего Кызылординская область, включая

районы, расположенные вблизи Аральского моря. Для этих территорий характерны засушливый климат, значительные открытые пространства, высокая инсоляция, пыльно-солевые явления, а также потребность в устойчивом электроснабжении удалённых населённых пунктов и объектов социальной инфраструктуры.

Включение казахстанской части Приаралья в анализ позволяет рассматривать солнечные панели не только как локальное решение для Каракалпакстана, но и как общерегиональный инструмент устойчивого развития. По данным международных и отраслевых источников, южные регионы Казахстана, включая Кызылординскую и Аральскую зоны, относятся к территориям, благоприятным для развития солнечной энергетики: продолжительность солнечного сияния здесь оценивается примерно в 2800-3000 часов в год, а в отдельных публикациях для Кызылординской области указывается более 3000 часов солнечной радиации в год [5, 6].

Целью статьи является научно-аналитическая оценка роли солнечных панелей в условиях Приаралья и определение их значения для энергетики, экологии, сельского хозяйства, водного хозяйства и образования на примере Каракалпакстана и казахстанских территорий, расположенных вблизи Аральского моря.

Для достижения поставленной цели решаются следующие задачи: определить природно-климатические предпосылки использования солнечных панелей в Приаралье; уточнить основные направления применения фотоэлектрических систем в Каракалпакстане и казахстанской части Приаралья; выполнить расчётную оценку годовой выработки электроэнергии; проанализировать экологические и социально-экономические эффекты; выявить факторы, ограничивающие эффективность солнечных панелей в условиях аридного климата.

Научная новизна работы заключается в расширении анализа солнечной энергетики с локального уровня Каракалпакстана до трансграничного уровня Приаралья, а также в систематизации региональных факторов, влияющих на эффективность фотоэлектрических систем в узбекской и казахстанской частях Аральского региона. Практическая значимость исследования состоит в возможности использования полученных результатов при планировании малых солнечных станций для домов, школ, медицинских пунктов, фермерских хозяйств, насосных станций и объектов экологического мониторинга.

Материалы и методы исследования

В качестве информационной базы исследования использованы отчёты Международного энергетического агентства, материалы Global Solar Atlas и World Bank Group, публикации по оценке фотоэлектрического потенциала Узбекистана и Казахстана, а также аналитические документы по развитию возобновляемой энергетики в Центральной Азии [1-9]. Эти источники позволяют определить общие параметры солнечного потенциала, применимые для предварительной оценки фотоэлектрических систем в Приаралье.

Методологическую основу исследования составили: 1) аналитический метод, применённый для изучения научных и нормативно-аналитических источников; 2) сравнительный метод, использованный для сопоставления условий Каракалпакстана и казахстанской части Приаралья; 3) расчётный метод, позволяющий определить ожидаемую годовую выработку электроэнергии; 4) системный подход, применённый для оценки энергетического, экологического, аграрного и образовательного значения солнечных панелей.

Для расчётной оценки использована следующая зависимость: $E = P \times Y$, где E - ожидаемая годовая выработка электроэнергии, кВт·ч/год; P - установленная мощность фотоэлектрической системы, кВт; Y - удельная годовая выработка на 1 кВт установленной мощности, кВт·ч/кВт·год. Величина Y может определяться на основе показателя PVOUT либо через оценку солнечной радиации на плоскость панелей с учётом коэффициента производительности системы.

Для условий Приаралья в расчётах принят оценочный диапазон Y = 1350-1600 кВт·ч/кВт·год. Нижняя граница диапазона используется как консервативная оценка с учётом

пыли, температуры и эксплуатационных потерь, а верхняя граница отражает благоприятные условия высокой солнечной радиации при правильном угле наклона, качественном оборудовании и регулярном обслуживании. Такой подход является предварительным, однако он позволяет получить практические ориентиры для планирования малых фотоэлектрических систем.

Дополнительно выполнена условная оценка предотвращённых выбросов CO2. Для сравнительного экологического анализа использован усреднённый коэффициент 0,45 кг CO2/кВт·ч. Этот показатель применяется только как ориентировочная величина для предварительной оценки экологического эффекта и не заменяет официальную инвентаризацию выбросов, которая должна выполняться по национальным энергетическим коэффициентам [10].

Результаты и обсуждение.

Природно-климатические предпосылки

Каракалпакстан и казахстанская часть Приаралья имеют сходные природно-климатические особенности: засушливость, высокую продолжительность солнечного сияния, резкие сезонные перепады температуры, малое количество осадков и значительную запылённость воздуха. Эти условия одновременно создают высокий потенциал для солнечной энергетики и формируют технические ограничения, которые необходимо учитывать при проектировании фотоэлектрических систем.

Для Каракалпакстана солнечные панели важны в условиях удалённости отдельных населённых пунктов, потребности в устойчивом электроснабжении насосных станций, школ, медицинских пунктов и фермерских объектов. Для казахстанской части Приаралья, включая Кызылординскую область, актуальны аналогичные задачи: обеспечение энергией сельских населённых пунктов, объектов водного хозяйства, аграрной инфраструктуры и экологического мониторинга. Таким образом, солнечная энергетика имеет не только национальное, но и трансграничное значение для всего Аральского региона.

Важным преимуществом Приаралья является наличие открытых территорий, пригодных для размещения как малых автономных систем, так и распределённых сетевых солнечных установок. Однако при этом необходимо учитывать ветровые нагрузки, перенос пыли и соли, высокие летние температуры, доступность воды для очистки модулей и потребность в подготовленных специалистах по эксплуатации оборудования.

Расчётная оценка выработки электроэнергии

Для оценки практического эффекта рассмотрены три типовых варианта фотоэлектрических систем: бытовая система мощностью 5 кВт, учрежденческая система мощностью 20 кВт и малая станция мощностью 50 кВт. Такие мощности соответствуют наиболее вероятным объектам применения в Приаралье: частный дом или малый офис; школа, медицинский пункт или лаборатория; насосная станция, фермерское хозяйство или объект экологического мониторинга.

В расчётах использован диапазон удельной годовой выработки 1350-1600 кВт·ч/кВт·год. Результаты представлены в таблице 1.

Таблица 1 - Ориентировочная годовая выработка солнечных панелей в условиях Приаралья

Мощность системы	Удельная выработка, кВт·ч/кВт·год	Годовая выработка, кВт·ч/год	Условное снижение CO_2, т/год	Возможное применение
5 кВт	1350-1600	6750-8000	3,0-3,6	Частный дом, малый офис

20 кВт	1350-1600	27 000-32 000	12,2-14,4	Школа, медпункт, лаборатория
50 кВт	1350-1600	67 500-80 000	30,4-36,0	Насосная станция, фермерское хозяйство, экомониторинг

Полученные расчёты показывают, что даже бытовая система мощностью 5 кВт может производить 6750-8000 кВт·ч электроэнергии в год. Для школ, медицинских пунктов и небольших лабораторий более значимой является система мощностью около 20 кВт, поскольку её годовая выработка может достигать 32 000 кВт·ч. Малая станция мощностью 50 кВт может иметь практическое значение для насосных станций, фермерских хозяйств и объектов экологического мониторинга, особенно если основная нагрузка приходится на дневное время.

Сравнение трёх вариантов показывает, что наибольший эффект достигается тогда, когда профиль потребления совпадает с дневным максимумом солнечной генерации. Это характерно для водяных насосов, капельного орошения, учебных зданий, лабораторий, административных объектов и части холодильного оборудования. Для вечернего и ночного потребления требуется сетевое подключение или аккумуляторная система.

Значение для Каракалпакстана и казахстанской части Приаралья

В Каракалпакстане солнечные панели могут способствовать повышению устойчивости электроснабжения удалённых населённых пунктов, объектов образования, здравоохранения, фермерских хозяйств и насосных станций. В условиях экологической нагрузки, связанной с последствиями высыхания Аральского моря, солнечная энергетика имеет также символическое и практическое значение: она снижает зависимость от традиционных источников энергии и демонстрирует возможность экологически ориентированной модернизации региона.

Для казахстанской части Приаралья, особенно Кызылординской области, солнечные панели также имеют высокую актуальность. Регион обладает значительными солнечными ресурсами, а его сельские территории и объекты водного хозяйства нуждаются в устойчивом энергоснабжении. Размещение солнечных установок рядом с потребителем может снижать нагрузку на сети, уменьшать потери при передаче энергии и повышать автономность отдельных объектов.

Общим для обеих частей Приаралья является то, что солнечные панели могут использоваться не только для выработки электроэнергии, но и как элемент комплексной стратегии адаптации к экологическим и климатическим вызовам. При этом особенно перспективны малые и средние фотоэлектрические системы, которые не требуют крупных площадей и могут внедряться постепенно, начиная с социально значимых объектов.

Экологическое и социально-экономическое значение

Экологическая значимость солнечных панелей для Приаралья определяется тем, что регион уже испытывает серьёзную природную нагрузку: деградацию земель, засоление почв, пыльно-солевые бури и сокращение водных ресурсов. Фотоэлектрические системы в процессе эксплуатации не требуют сжигания топлива и не создают прямых выбросов загрязняющих веществ. Поэтому их внедрение может рассматриваться как один из элементов экологически более чистой инфраструктуры.

Условная оценка, представленная в таблице 1, показывает, что система мощностью 20 кВт может ежегодно предотвращать около 12,2-14,4 т CO2 по сравнению с генерацией на основе ископаемого топлива. Для системы мощностью 50 кВт этот показатель может составлять 30,4-36,0 т CO2 в год. При массовом внедрении на школах, медицинских пунктах, фермерских объектах и насосных станциях совокупный экологический эффект может быть значительным.

Социально-экономический эффект солнечных панелей проявляется в снижении расходов на электроэнергию, повышении устойчивости работы объектов социальной инфраструктуры, поддержке сельского хозяйства и создании новых компетенций у местных специалистов. Для Приаралья это особенно важно, поскольку устойчивое развитие региона требует не только экологических программ, но и практических технологических решений, доступных на уровне конкретного учреждения, фермерского хозяйства или населённого пункта.

Значение для сельского хозяйства, водного хозяйства и мониторинга

Сельское и водное хозяйство являются одними из наиболее перспективных сфер применения солнечных панелей в Приаралье. В условиях дефицита водных ресурсов и необходимости рационального орошения солнечные насосные системы могут использоваться для питания водяных насосов, капельного орошения, автоматизированных систем контроля влажности почвы и малых насосных станций.

Особенно важным является совпадение солнечной генерации с дневным режимом работы многих аграрных объектов. В дневное время требуется энергия для насосов, вентиляции теплиц, освещения отдельных помещений, холодильного оборудования и малой техники. При правильном проектировании солнечная система может снижать нагрузку на сеть и обеспечивать часть энергопотребления без дополнительных выбросов.

Кроме того, солнечные панели могут применяться для питания малых станций экологического мониторинга: датчиков качества воздуха, воды и почвы, метеорологических постов, систем дистанционного наблюдения и телеметрии. Для территорий вокруг Аральского моря, где мониторинг пыльно-солевых явлений и состояния экосистем имеет особую значимость, автономное питание таких устройств является важным практическим преимуществом.

Значение для образования и науки

Внедрение солнечных панелей в образовательных учреждениях Приаралья имеет двойное значение. С одной стороны, они позволяют частично покрывать энергопотребление школ, колледжей и вузов. С другой стороны, солнечные панели могут стать учебно-лабораторной базой для изучения физики, электротехники, экологии, климатологии и основ устойчивого развития.

На базе школьной или университетской солнечной станции можно проводить лабораторные работы по измерению напряжения и тока солнечной панели, построению вольт - амперной характеристики, изучению зависимости мощности от угла наклона, анализу влияния запылённости на эффективность, сравнению дневной и сезонной генерации, а также расчёту экономического и экологического эффекта.

Для Каракалпакстана и казахстанской части Приаралья такая образовательная модель особенно полезна, поскольку она связывает теоретические знания с реальными региональными проблемами: энергетической устойчивостью, экологическим мониторингом, рациональным использованием воды и адаптацией к климатическим условиям.

Ограничивающие факторы и пути их снижения

Несмотря на высокий потенциал, эффективность солнечных панелей в Приаралье может снижаться под влиянием ряда факторов. К ним относятся запылённость поверхности модулей, пыльно-солевые отложения, высокие летние температуры, ветровые нагрузки, начальная стоимость оборудования, необходимость аккумуляторов для автономной работы и недостаток квалифицированных специалистов по монтажу и обслуживанию.

Для снижения этих рисков необходимо проводить регулярную очистку поверхности панелей, выбирать модули с низким температурным коэффициентом, предусматривать прочные крепёжные конструкции, использовать инверторы и аккумуляторы, соответствующие климатическим условиям, а также внедрять цифровой мониторинг выработки электроэнергии. В условиях дефицита воды особое значение имеет выбор метода очистки: в некоторых случаях предпочтительны сухие или маловодные технологии обслуживания.

Кроме технических мер, важна подготовка местных специалистов. Устойчивое внедрение солнечной энергетики невозможно без кадров, способных выполнять монтаж, диагностику, текущий ремонт и анализ показателей работы систем. Поэтому развитие солнечной энергетики в Приаралье должно сопровождаться образовательными программами для студентов, инженерно-технических работников и специалистов коммунальной сферы.

Практические рекомендации

На основе проведённого анализа можно предложить несколько практических рекомендаций. Во-первых, солнечные панели целесообразно устанавливать прежде всего на объектах с высоким дневным потреблением электроэнергии: школах, медицинских пунктах, лабораториях, административных зданиях, насосных станциях, фермерских хозяйствах и объектах экологического мониторинга.

Во-вторых, для удалённых объектов в Каракалпакстане и казахстанской части Приаралья необходимо предусматривать аккумуляторные системы, обеспечивающие работу в вечернее время и при кратковременном снижении солнечной радиации. В-третьих, при проектировании следует учитывать запылённость, высокие температуры, ветровые нагрузки и возможность регулярного обслуживания.

В-четвёртых, образовательные учреждения могут использовать солнечные панели не только для экономии электроэнергии, но и как практическую лабораторную базу. В-пятых, целесообразно развивать межрегиональное сотрудничество между образовательными и научными учреждениями Каракалпакстана и Казахстана по вопросам солнечной энергетики, экологического мониторинга и подготовки специалистов для Приаралья.

Заключение

Проведённый анализ показывает, что солнечные панели имеют значительную роль не только для Каракалпакстана, но и для всего Приаралья, включая казахстанские территории, расположенные вблизи Аральского моря. Высокий уровень солнечной радиации, засушливый климат и наличие открытых пространств создают благоприятные предпосылки для развития фотоэлектрических систем. При этом региональные ограничения - запылённость, пыльно-солевые явления, высокая температура и потребность в техническом обслуживании - требуют грамотного проектирования и эксплуатации.

Расчётная оценка показала, что система мощностью 5 кВт может производить 6750-8000 кВт·ч электроэнергии в год, система мощностью 20 кВт - 27 000-32 000 кВт·ч, а система мощностью 50 кВт - 67 500-80 000 кВт·ч. Эти показатели подтверждают практическую значимость солнечных панелей для домов, школ, медицинских пунктов, фермерских хозяйств, насосных станций и объектов экологического мониторинга.

Основное значение солнечных панелей в Приаралье заключается в повышении энергетической безопасности, снижении зависимости от традиционных источников энергии, поддержке сельского и водного хозяйства, уменьшении экологической нагрузки и развитии практико-ориентированного образования. Расширение темы статьи с Каракалпакстана до всего Приаралья позволяет показать, что солнечная энергетика может быть не только локальным, но и трансграничным инструментом устойчивого развития региона.

ЛИТЕРАТУРА

1. International Energy Agency. Solar Energy Policy in Uzbekistan: A Roadmap. - Paris: IEA, 2022. - 86 p.

2. Global Solar Atlas. Solar resource and photovoltaic power potential of Uzbekistan / World Bank Group, ESMAP, Solargis. - Washington, DC: World Bank, 2020.

3. World Bank. Uzbekistan Solar Irradiation and PV Power Potential Maps. - Washington, DC: World Bank, 2017.

4. Global Solar Atlas. Solar resource and photovoltaic power potential of Kazakhstan / World Bank Group, ESMAP, Solargis. - Washington, DC: World Bank, 2020.

5. International Trade Administration. Energy Resource Guide: Kazakhstan - Renewable Energy. - Washington, DC: U.S. Department of Commerce, 2024.

6. KAZAKH INVEST. A Solar Power Plant will be Built in the Aral Sea Region. - Astana: National Company KAZAKH INVEST, 2022.

7. Mardonova M., Choi Y. Assessment of photovoltaic potential of mining sites in Uzbekistan // Sustainability. - 2019. - Vol. 11, No. 10. - Article 2988.

8. International Renewable Energy Agency. Renewable Capacity Statistics 2024. - Abu Dhabi: IRENA, 2024.

9. Asian Development Bank. Renewable Energy Development and Energy Efficiency in Central Asia. - Manila: ADB, 2021.

10. International Energy Agency. Emissions Factors 2024. - Paris: IEA, 2024.

11. Luque A., Hegedus S. Handbook of Photovoltaic Science and Engineering. - 2nd ed. - Chichester: Wiley, 2011.

12. Messenger R., Ventre J. Photovoltaic Systems Engineering. - 4th ed. - Boca Raton: CRC Press, 2017.

THE ROLE OF SOLAR PANELS IN THE SUSTAINABLE DEVELOPMENT OF THE ARAL SEA REGION

O.N. Yusupov, S.K. Abdizhaliev, S.M. Kasimov, A.E. Otarbaev, S.A. Tursinbaev
Nukus State Pedagogical Institute named after Azhiniyaz, Nukus, Uzbekistan
e-mail: yuon72@gmail.com, sultanbekabdijaliev@gmail.com,
salamatdinkasimov82@gmail.com, andarayza@gmail.com, sabirbay.tursinbaev@gmail.com

Abstract: The article examines the role of solar panels in the sustainable development of the Aral Sea region, including the Republic of Karakalpakstan and the Kazakhstani part of the Aral Sea area, primarily the territories of Kyzylorda region located near the Aral Sea. The relevance of the study is determined by high solar irradiation, arid climate, ecological consequences of the shrinking Aral Sea, remoteness of some settlements, and the need to improve the reliability of power supply for socially important facilities. The research methodology is based on the analysis of scientific literature, international analytical sources, data on the solar potential of Uzbekistan and Kazakhstan, and calculation of the expected annual electricity generation of photovoltaic systems with capacities of 5, 20 and 50 kW. For the Aral Sea region, an estimated specific annual yield range of 1350-1600 kWh/kW per year is used, taking into account differences between northwestern Uzbekistan and southern Kazakhstan. It is shown that a 5 kW system can generate 6750-8000 kWh per year, a 20 kW system 27,000-32,000 kWh, and a 50 kW system 67,500-80,000 kWh. The results substantiate the importance of solar panels for autonomous and grid-connected power supply of households, schools, medical centers, farms, pumping stations and environmental monitoring facilities. It is concluded that solar energy development in the Aral Sea region can serve as a cross-regional tool for improving energy security, environmental sustainability and practice-oriented education.

Keywords: solar energy; photovoltaic panels; Aral Sea region; Karakalpakstan; Kyzylorda region; renewable energy; energy security; sustainable development.

АРАЛ ТЕҢІЗІ ӨҢІРІНІҢ ТҰРАҚТЫ ДАМУЫНДАҒЫ КҮН ПАНЕЛЛЕРІНІҢ РӨЛІ

О.Н. Юсупов, С.К. Абдіжалиев, С.М. Касымов, А.Е. Отарбаев, С.А. Турсынбаев
Әжинияз атындағы Нөкис мәмлекетлик педагогикалық институты, Нөкис қ., Өзбекстан
e-mail: yuon72@gmail.com, sultanbekabdijaliev@gmail.com,
salamatdinkasimov82@gmail.com, andarayza@gmail.com, sabirbay.tursinbaev@gmail.com

Аңдатпа: Мақалада Арал өңірінің, соның ішінде Қарақалпақстан Республикасы мен Арал теңізіне жақын орналасқан Қазақстан аумақтарының, әсіресе Қызылорда облысының тұрақты дамуындағы күн панельдерінің рөлі қарастырылады. Зерттеудің өзектілігі күн радиациясының жоғары деңгейімен, құрғақ климатпен, Арал теңізінің тартылуына байланысты экологиялық салдарлармен, кейбір елді мекендердің шалғай орналасуымен және әлеуметтік маңызы бар нысандарды электр энергиясымен сенімді қамтамасыз ету қажеттілігімен байланысты. Зерттеу әдістемесі ғылыми әдебиеттерді, халықаралық аналитикалық дереккөздерді, Өзбекстан мен Қазақстанның күн энергетикалық әлеуеті туралы мәліметтерді талдауға, сондай-ақ қуаты 5, 20 және 50 кВт болатын фотоэлектрлік жүйелердің жылдық электр энергиясын өндіруін есептеуге негізделді. Арал өңірі үшін Солтүстік-Батыс Өзбекстан мен Оңтүстік Қазақстан жағдайларының айырмашылықтарын ескере отырып, 1350-1600 кВт·сағ/кВт·жыл үлестік жылдық өндіру диапазоны қолданылды. 5 кВт жүйе жылына 6750-8000 кВт·сағ, 20 кВт жүйе 27 000-32 000 кВт·сағ, ал 50 кВт жүйе 67 500-80 000 кВт·сағ электр энергиясын өндіре алатыны көрсетілді. Күн панельдерінің үйлерді, мектептерді, медициналық пункттерді, фермерлік шаруашылықтарды, сорғы станцияларын және экологиялық мониторинг нысандарын автономды және желілік электрмен жабдықтаудағы маңызы негізделді. Күн энергетикасын дамыту Арал өңірінде энергетикалық қауіпсіздікті, экологиялық тұрақтылықты және практикалық білім беруді арттырудың өңіраралық құралы бола алады деген қорытынды жасалды.

Түйін сөздер: күн энергиясы; фотоэлектрлік панельдер; Арал өңірі; Қарақалпақстан; Қызылорда облысы; жаңартылатын энергетика; энергетикалық қауіпсіздік; тұрақты даму.