

ПРИОРИТЕТЫ «ЗЕЛеной» ЭКОНОМИКИ В ТУРКМЕНИСТАНЕ

Ахмет Мырадович ПЕНДЖИЕВ

доктор сельскохозяйственных наук, доцент кафедры основ вычислительной техники и биомеханики, Туркменский государственный архитектурно-строительный институт, Ашхабад, Туркменистан
ampenjiev@rambler.ru

История статьи:

Принята 20.03.2015

Принята в доработанном виде
29.04.2015

Одобрена 04.06.2015

УДК 336.717;

621.383+621.548+662.63+631.95

Ключевые слова:

возобновляемые источники энергии, «зеленая» экономика, экология, энергосбережение, Туркменистан

Аннотация

Предмет. В статье рассматриваются приоритеты «зеленой» экономики в Туркменистане, технико-экономические, энергетические и экологические потенциалы солнечно-энергетических установок и других возобновляемых источников энергии.

Цели. Цель исследования – произвести расчеты местных потенциалов возобновляемых энергоресурсов в Туркменистане с их эколого-экономическими и социальными приоритетами по использованию этих установок для решения энергетических, экономических, экологических, социальных вопросов, а также возможности смягчения антропогенных нагрузок в изменении климата для реализации государственных программ устойчивого экономического развития.

Методология. С помощью математического моделирования и экономических методов проанализированы различные аспекты инвестиционной деятельности в регионах, определены наиболее энергоэффективные системы возобновляемых источников энергии в управлении инвестиционной деятельностью на уровне регионов, приоритеты в экологическом бизнесе.

Результаты. Приведены технико-экономические, энергетические и экологические потенциалы солнечно-энергетических установок и ресурсы других возобновляемых источников энергии в Туркменистане для решения задач «зеленой» экономики. На основании теоретических исследований использования солнечно-энергетических установок можно составить проектные предложения для продажи квот углеродному фонду Всемирного банка. На основании математических преобразований получены эмпирические формулы с учетом валового, технического, экологического потенциалов солнечной энергии по регионам Туркменистана, с помощью которых можно прогнозировать энергетические, экономические и экологические потенциалы гелиотехнических установок, оборудования, сооружений для составления технологической базы данных «зеленой» экономики Туркменистана.

Выводы. Пополнение запасов первичных энергоресурсов за счет открытия новых месторождений не решит проблемы возрастающего энергопотребления, поэтому рациональное обеспечение хозяйства Туркменистана энергоресурсами и повышение экономической эффективности их экологического использования, вовлечение в энергобаланс нетрадиционных (в том числе возобновляемых) источников энергии и проведение активной энергосберегающей политики имеет исключительное значение для «зеленой» экономики.

© Издательский дом ФИНАНСЫ и КРЕДИТ, 2015

Введение

Туркменистан отводит особую роль вопросам энергоэффективности и энергосбережения с использованием возобновляемых источников энергии (ВИЭ). Бережное отношение к сохранению естественной природной среды – один из ключевых компонентов современного энергетического цикла. Использование инновационных технологий и методов управления при создании энергетической, производственной и транзитной инфраструктур с высокой экологичностью добычи углеводородов в настоящее время становится первостепенной задачей.

Принятая Национальная стратегия Туркменистана по изменению климата подразумевает поэтапный переход всех основных сфер производственной деятельности государства на параметры экологической безопасности. Эта стратегия предусматривает приоритетность развития высокотехнологичных отраслей, создание условий для развития «зеленой» экономики в качестве базового элемента функционирования всей инфраструктуры жизнеобеспечения страны. Об этих приоритетных направлениях заявил Президент Туркменистана Гурбангулы Бердымухамедов на состоявшемся 09.12.2014 форуме энергетической

хартии «Надежный и стабильный транзит энергоносителей»¹.

Интерес к проектам возобновляемой энергетики неуклонно растет во всем мире, ставит множество технологических и технических задач, а также выявляет проблемы оценки возможности и эффективности использования ВИЭ. Для решения комплекса разнообразных задач в этой области возможно и целесообразно использование инструментария геоинформационных «зеленых» технологий².

Экономические требования к «зеленой» экономике

В соответствии с действующими методами технико-экономического обоснования основным условием выбора источника электроснабжения является обеспечение минимума приведенных затрат, т.е. экономическая целесообразность использования местных энергоресурсов будет при соблюдении условия:

$$Z_m \leq Z_c,$$

где Z_m – приведенные хозяйственные затраты потребителя при использовании местных энергоресурсов, долл./год;

Z_c – приведенные хозяйственные затраты потребителя при централизованном источнике энергообеспечения, долл./год.

На кочевых объектах основную часть затрат на энергообеспечение составляют расходы, вызванные перемещением устройств и оборудования, необходимых для создания нормальных условий работы и отдыха. Поэтому для кочевых объектов условием экономической целесообразности применения энергоустановок по использованию местных энергоресурсов в «зеленой» экономике будет условие:

$$T_\phi \leq T_{п.э},$$

где T_ϕ – фактическая оправданная масса транспортабельных энергоустановок, кг;

$T_{п.э}$ – фактическая и предельная экономически оправданная масса транспортабельных энергоустановок, кг.

Величина предельной экономически оправданной массы энергоустановки определяется по формуле

¹ Нейтральный Туркменистан. 2014. 10 декабря.

² Байрамов Х., Чонанов Г. Энергетика Туркменистана. Ашхабад: Туркменистан, 1990. 20 с.; Пенджиев А.М. Экологические проблемы освоения пустынь. Saarbrücken, Germany: LAP LAMBERT Academic Publishing, 2014, 226 с.

$$T_{п.э} = T_{иск} + (Z_c - Z_m) / Z_{тр},$$

где $T_{иск}$ – масса оборудования и единовременного запаса топлива, исключаемого при замене на местные энергоресурсы, кг;

$Z_{тр}$ – удельные приведенные затраты на транспортировку 1 кг единовременного груза (для равнинной местности составляют примерно 0,49 долл./кг в год, для горной – 0,65 долл./кг в год)³.

Для выбора конкретных конструкций энергоустановок необходимо учитывать установленные технические и экономические требования к ним по использованию местных энергоресурсов.

Гидроэлектростанции для малых рек. В области создания и строительства малых и микро- ГЭС необходимо учесть следующие работы:

- организацию обследования и уточнение оценки гидроэнергетического потенциала малых рек по экономическим районам страны;
- проведение необходимых научно-исследовательских и конструкторских работ по созданию специального высокоавтоматизированного гидромеханического и гидросилового оборудования;
- организацию изыскательских работ, разработку проектной техдокументации для строительства малых ГЭС в районах децентрализованного энергоснабжения в целях уменьшения численности действующих дизельных электростанций и сокращения расхода дорогостоящего дизельного топлива⁴.

Экономичность ГЭС обеспечивается также уменьшением эксплуатационных расходов, а именно, работой станции без постоянного обслуживающего персонала и снижением потребности в запасных частях и материалах. Работы периодического обслуживания, которые берут на себя работники сельскохозяйственных объектов, заключаются в очистке сетки водозаборника от мусора (1 раз в сутки), смазке подшипниковых узлов и проверке болтовых соединений (1 раз в месяц).

Практическая эксплуатация малых ГЭС показала их

³ Розенберг Г.С., Кудимова Г.Э. На пути к «зеленой» экономике (знакомая с докладом ЮНЕП к «Рио + 20») // Биосфера. 2012. Т. 4. № 3. С. 245–250; Стребков Д.С., Пенджиев А.М., Мамедсахатов Б.Д. Развитие солнечной энергетики в Туркменистане. М.: ВИЭСХ, 2012, 496 с.

⁴ Степанов В.Э. Возобновляемые источники энергии на сельскохозяйственных предприятиях. М.: Агропромиздат, 1989. 112 с.; Duffie D.A., Beckman W.A. Solar engineering of thermal process. A Wiley-Interscience Publication, 1991. 944 p.

Таблица 1

Технико-экономические показатели применения малых ГЭС

Параметр	Стационарная	Транспортабельная
Мощность, кВт	12–400	0,25–2,8
Род тока	Переменный трехфазный	Переменный трехфазный
Напряжение, В	230/400	36; 230/400
Частота, Гц	50	50; 500–200
Коэффициент полезного действия	0,6–0,72	0,38–0,53
Масса комплекта, т	4,6–11,6	0,034–0,185
Масса энергоблока, кг	600–1 760	12–50
Расход воды, м ³ /с	0,4–3,0	0,018–0,09
Напор воды, м	2,5–100	3–6
Стоимость строительства станции, тыс. долл.	10–200	0,2–1,2
Расчетный срок службы, лет	25–30	4–6
Затраты времени на обслуживание, ч/год	250–380	150–250
Затраты на текущий ремонт от капиталовложений, %	2,4	2,4
Норма амортизационных отчислений, %	4	16–25
Себестоимость выработки 1 кВт·ч электроэнергии, цент	1,64–7,05	2,13–9,43

высокую надежность. Например, транспортабельная станция мощностью 1,5 кВт проработала без поломок на одном из объектов 18 000 ч, выработав 22 348 кВт·ч электроэнергии в течение трех лет.

В качестве электроприемника применялись стиральная машина, радиоприемник, холодильник, электроплита для приготовления пищи. Излишки электроэнергии использовались для отопления помещений. Электростанция хорошо выдерживала пусковые перегрузки электроприемников. На работы по обслуживанию станции затрачивалось в среднем около 8 мин/сут. Коэффициент технического использования ГЭС составил 0,994. Себестоимость производства электроэнергии составляла 2,6 цента/кВт·ч. Это примерно в четыре раза ниже себестоимости электроэнергии, получаемой от небольших бензиновых электростанций. Технико-экономические показатели малых ГЭС приведены в табл. 1.

Среднеазиатский экономический регион имеет большие возможности экономически эффективного гидроэнергетического строительства. Экономический потенциал гидроэнергоресурсов этого региона составляет 13,3% от СНГ. Наиболее обеспечены гидроэнергоресурсами Республика Таджикистан и Киргизия. Удельный вес их экономически эффективных гидроэнергетических ресурсов в Средней Азии составляет соответственно 58,3 и 32,9%. Менее обеспечены гидроэнергетическими ресурсами Туркменистан, удельный вес экономически эффективных ресурсов в Средней Азии достигает 1,2%. В общих потенциальных запасах гидроэнергоресурсов на долю страны приходится 0,6% (23,9 млрд. кВт ч, а экономически

эффективных энергетических ресурсов – 0,2% (1,7 млрд. кВт ч)⁵.

Уровень использования этих ресурсов для энергетических целей находится на низком уровне.

Установки по использованию солнечной энергии. Из солнечных энергетических установок применяют фотоэлектрические, высокотемпературные и водонагреватели.

Фотоэлектрические преобразовательные установки служат для производства электрической энергии. В них преимущественно используются кремниевые фотопреобразователи, у которых коэффициент полезного действия (КПД) элементов составляет 12–14%. Себестоимость установок достигает до 5 долл. и более за 1 Вт установленной мощности. Поэтому такие установки в сельском хозяйстве пока получили ограниченное применение, в частности в пустынных районах для питания насосных и опреснительных устройств, предназначенных для обеспечения овец питьевой водой.

В последние годы достигнуты значительные успехи в области совершенствования методов производства полупроводникового кремния. У лабораторных образцов кремниевых фотоэлементов КПД составляет 18%. В созданных каскадных фотопреобразователях КПД достигает 30%. Эти достижения позволяют снизить в несколько раз удельную стоимость солнечных фотоэлектрических электростанций.

⁵ Байрамов Х., Чонанов Г. Энергетика Туркменистана. Ашхабад: Туркменистан, 1990. 20 с.; Пенджиев А.М. План действия и стратегия внедрения возобновляемой энергетики// Альтернативная энергетика и экология. 2013. № 16. С. 39–60.

Другим типом солнечных электростанций являются высокотемпературные установки, в которых в качестве энергоносителя служит пар, используемый в паровой машине для привода генератора. В таких установках для производства пара применяют устройства, концентрирующие солнечное излучение – параболические зеркала, линзы Френеля и т.п. Недостатком таких устройств являются большая стоимость, наличие специальных механизмов по слежению за расположением Солнца, сложность в обслуживании. Все это ограничивает их применение в сельском хозяйстве⁶.

Из солнечных энергоустановок в сельском хозяйстве наибольшее распространение получили низкотемпературные устройства по преобразованию солнечной радиации в тепловую энергию. По принципу действия их можно разделить на две группы: водонагреватели и прочие гелионагреватели.

Водонагреватели. Основа различных типов низкотемпературных установок – плоский солнечный коллектор, представляющий собой металлическую пластину со змеевиковыми трубками (каналами) или плоскую коробчатую змеевиковую конструкцию, через которую проходит поток теплоносителя (вода, воздух, специальные жидкости и т.п.). Поверхность солнечного коллектора зачернена, и он заключен в теплоизоляционный корпус, а со стороны падения солнечных лучей имеет один или несколько слоев прозрачной изоляции. При нагревании воды до температуры 60–80 °С производительность такого устройства площадью 1 м² составляет до 80 л в день при КПД около 0,5. Плоские солнечные коллекторы устанавливаются неподвижно с наклоном перпендикулярно наивысшей точке нахождения Солнца.

Плоские солнечные коллекторы особенно широкое распространение получили за рубежом. Так, в США сооружено более 500 тыс. систем солнечного отопления и горячего водоснабжения жилых и общественных зданий. Они оборудованы дополнительными газовыми или электрическими нагревателями, используемыми только в длительные пасмурные периоды. Такие системы позволяют экономить на отопление и горячее водоснабжение от 30 до 70% топлива.

В сельском хозяйстве применение низкотемпературных коллекторных солнечных нагревательных установок может быть

эффективным для подогрева питьевой воды животным, для отопления и горячего водоснабжения производственных и жилых зданий, сушилок, опреснителей, холодильных установок и теплиц.

Питьевая вода на животноводческих фермах хранится в специальных баках или резервуарах. Нагрев воды требуется только в зимнее время до температуры 12–16 °С.

Солнечный коллектор размещают на южном склоне крыши животноводческого помещения. Например: в расчете на 1 тыс. овец или 200 коров его площадь должна составлять 15–30 м². Для районов с наибольшей интенсивностью солнечного излучения в зимний период (южнее 35° географической широты) нужна меньшая площадь, а с наименьшей интенсивностью (севернее 45° широты) – большая. Солнечный коллектор соединяется подводящими и отводящими трубопроводами с баком для питьевой воды. Циркуляция воды осуществляется при помощи циркуляционного насоса. Процесс нагрева автоматизирован: при достижении заданной температуры воды в баке коллектор прекращает нагрев воды, и циркуляционный насос отключается, а вода из солнечного коллектора стекает в бак.

Такая система не требует устройства дополнительного резервуара – аккумулятора теплоты, так как им фактически является цистерна с питьевой водой. Поэтому она сравнительно проста и экономична, имеет высокую надежность в эксплуатации и не требует много времени на обслуживание. Для отопления бытовых помещений в сельской местности целесообразно также применять солнечные нагревательные установки для отопления и горячего водоснабжения. Установка может работать в зимнее и летнее время для отопления и горячего водоснабжения. Ее технико-экономические показатели несущественно отличаются от установки, работающей на сжиженном газе. Технико-экономические показатели систем подогрева питьевой воды и теплоснабжения приведены в табл. 2.

Анализ данных табл. 2 свидетельствует, что система подогрева питьевой воды солнечной радиацией вполне конкурентоспособна с системой электрического нагрева.

В настоящее время существуют различные конструкции гелиотеплиц:

- с грунтовым аккумулятором;
- с автономным энергообеспечением;

⁶ Стребков Д.С., Пенджиев А.М., Мамедсахатов Б.Д. Развитие солнечной энергетики в Туркменистане. М.: ВИЭСХ, 2012. 496 с.

Таблица 2

Технико-экономические показатели солнечных водонагревательных установок, долл.

Схема подогрева	Капиталовложения	Эксплуатационные расходы	Приведенные затраты
<i>Подогрев питьевой воды</i>			
Электронагреватель	50–100	25–50	35–65
Солнечный нагреватель	200–330	15–25	45–75
<i>Теплоснабжение, отопление и горячее водоснабжение помещений площадью 30 м²</i>			
Газовый нагреватель	250–330	35–60	75–110
Солнечный нагреватель	280–380	30–40	80–100

- с замкнутым влагооборотом;
- с биоаккумулятором тепла;
- блочные (пленочные, стеклянные), ангарные, малогабаритные, подземные, и т.д.

Строительство обычных теплиц требует больших капитальных вложений и значительных эксплуатационных расходов, особенно затрат на отопление, которые довольно высоки и составляют около 50–60% от суммы общих затрат. Применение солнечной энергии значительно снижает себестоимость продукции, выращенной в теплицах.

На основе многолетних опытов, проведенных в Туркменистане, установлено, что при выращивании овощных культур экономия топлива за счет солнечного обогрева составит 60%, а при выращивании цитрусовых затраты на обогрев полностью исключены. Экономический эффект от применения отапливаемых теплиц с автономным энергообеспечением в пустынных районах достигнет 100 тыс. долл. на 1 га полезной площади. Установлено: потери тепла через ограждающую поверхность теплицы полностью покрывается за счет обогрева солнечной энергией (15,1%) в комбинации с геотермальной водой при ее температуре 40 °С (69,2%).

В сельскохозяйственном производстве важнейший процесс – это *сушка продукции*. В институте солнечной энергии Академии наук Туркменистана разработаны гелиоустановки, которые можно использовать в ближайшие годы в производстве. Технико-экономические показатели гелиоустановок, предназначенных для сушки, свидетельствуют об их перспективности. Гелиоустановка по первичной обработке шелковичных коконов была испытана на коконоприемной базе Лебапского велоята (области).

Площадь гелиоприемника такой установки составляет 22 м², производительность – 250 кг коконов в день.

Себестоимость первичной обработки 1 т коконов при традиционной технологии ориентировочно составляет 260,3 долл., или в 6,5 раза выше, чем при гелиообработке. Новый метод обработки шелковичных коконов исключает опасность поражения людей бромистым метилом, порчу коконов насекомыми, предотвращает попадание гризи, пыли, атмосферных осадков, которым они подвергаются при теневой сушке, становится возможным в 10 раз сократить трудоемкость процесса.

По расчетам ученых, для качественного выполнения годовой производственной программы коконоприемной базой (300 т) необходимо строительство установки с площадью гелиоприемника 880 м². Капитальные вложения при этом составят 40 тыс. долл. Ориентировочный экономический эффект от использования установки только для первичной обработки шелковичных коконов определяется в 65 тыс. долл. в год. Кроме того, после окончания первичной обработки коконов гелиоустановку можно использовать для сушки растениеводческой продукции. Ориентировочный экономический эффект от гелиоустановок для первичной обработки шелковичных коконов составит по стране 1 млн долл. в год.

Туркменскими учеными разработан и спроектирован целый ряд уникальных и экономичных гелиоустановок для различных хозяйств. К ним относятся перспективные гелиоустановки для сушки хлопка-волокна, овощей, фруктов, бахчевых продуктов и др. Возможности экоэнергетических ресурсов «зеленой» экономики при использовании гелиоустановок приведены в табл. 3 и 4.

Большие перспективы по прямому получению электричества из солнечной энергии открывает использование *фотоэлектрических преобразователей*. Энергетические системы с такими преобразователями находят применение в отдаленных и сельских районах при производстве

Таблица 3

Потенциал энергетических ресурсов «зеленой» экономики при использовании гелиоустановок

Установка	Технические показатели	Экономические показатели	Экологические показатели
Гелиосушилки	Для дыни: объем – 80 м ³ , удельная производительность по сухой продукции – 0,8–1,0 кг/м ² сушеной дыни за сутки	Использование гелиосушилок для переработки сельскохозяйственной продукции позволит сэкономить за 20 лет 540 т.у.т. Ориентировочная стоимость – 7 000 долл., срок окупаемости – 2–4 года; для кишмиша – 3 000 долл., 3–4 года соответственно	Использование гелиосушилок для переработки сельскохозяйственной продукции позволит сэкономить за 20 лет 540 млн т.у.т., уменьшит выбросы CO ₂ на 1 310,7 Тг
Гелиоводонагреватели	В среднем на одного сельского жителя требуется 0,55 МВт в год, с помощью солнечного коллектора можно получить 85 л горячей воды 60–65 °С	Использование солнечной энергии для нагрева воды позволит сэкономить за год с 1 м ² водонагревательной установки 0,15 т.у.т. при плотности солнечной радиации 1 100 Вт/м ² . В этих случаях можно обеспечить 80% годовой тепловой нагрузки, 20% – за счет теплового дублера	Использование солнечной энергии для нагрева воды позволит сэкономить за год с 1 м ² водонагревательной установки 0,15 т.у.т., уменьшит выбросы CO ₂ на 0,364 Мг
Гелиоопреснители	Годовая производительность 1 м ² установки при средней глубине заполнения 0,16 м, с предельной концентрацией соли 0,158 кг/л составляет 1,2 м ³ /м ² год	Расход тепла на опреснение 1 м ³ морской воды составляет 2 512 МДж (0,60 Гкал)	Расход теплоты на опреснение 1 м ³ морской воды составляет 2 512 МДж (0,60 Гкал), или сокращение выбросов CO ₂ на 0,146 Мг
Гелиоустановка биогаза	Объем выделяющегося газа составляет 340 л/кг сухого веществ. Состав выделяемого газа: метан – 60–70%; углекислый газ – 20–40%; серная кислота – 1–3%; водород, кислород, сульфид водорода, азот и оксид углерода – примерно по 1%	Внедрение новых технологий для получения биогаза позволит получить теплотворную способность биогаза 20–26 мДж/м ³	Внедрение новых технологий для получения биогаза позволит уменьшить выбросы метана в атмосферу примерно на 4,4т CO ₂ эквивалента
Гелиоустановка для выращивания микроводорослей (хлореллы, спирулина, сцендесмуса)	Химический анализ сухого вещества хлореллы показывает, что в нем содержится до 45% белка, 20–30% углеводов, 7–10% жира и до 23 наименований аминокислот, в том числе триптофан и метонин	Экономия топлива на заданный объем производства биомассы хлореллы за счет использования солнечной энергии, по предварительной оценке, составит 30 тыс. т.у.т. в год. Расход электрической энергии на производство 1 м ³ кондиционной биомассы в гелиоустановке не превышает 70 кВт·ч, что в 8 раз меньше, чем на обычных установках с искусственным обогревом и освещением	Экономия топлива на заданный объем производства биомассы хлореллы за счет использования солнечной энергии, по предварительной оценке, составит 30 тыс. т.у.т. в год, уменьшит выбросы CO ₂ на 0,072 Тг

Таблица 4

Экономический и экологические потенциалы солнечно-энергетических установок в Туркменистане

Установка	Эквивалент кВт·ч	SO ₂ , т/год	NO _x , т/год	CO, т/год	CH ₄ , т/год	CO ₂ , т/год	Твердые вещества
Биогазовая установка (26 Мдж)	7,22	6,00267E-05	3,23221E-05	4,19767E-06	8,81512E-06	0,004617	6,29651E-06

Окончание табл. 4

Установка	Эквивалент кВт·ч	SO ₂ , т/год	NO _x , т/год	CO, т/год	CH ₄ , т/год	CO ₂ , т/год	Твердые вещества
Гелиокомплекс (1,8 т.у.т.)	2 094,94	0,01742	0,00938	0,00122	0,00256	1,339	0,0018
Безотходный гелиобиотехнологический комплекс (584,1 МДж)	162,24	0,001349	0,00072	9,43256E-05	0,000198	0,104	0,00014
Гелиустановка выкашивания хлореллы (30 тыс. т.у.т.)	34 915 713,3	290,287	156,3087	20,2998	42,629	22 329,82	30,45
Гелиосушилки (540 млн т.у.т.)	628 482 857,1	5 225,177	2 813,557	365,3971	767,33	401 936,7	548,095
Гелиоопреснители (2512 МДж)	697,76	0,00580	0,00312	0,0004	0,0008	0,446	0,00061

небольших количеств электроэнергии для бытовых нужд, электропитания радио- и телеаппаратуры, а также в целях обеспечения энергией средств связи. Эти системы размещаются и в пустынных районах для производства электроэнергии, приводящей в действие водяные насосы⁷.

В отдаленных пустынных районах Туркменистана, где доставка топлива для энергообеспечения затруднена, солнечные фотоэлектрические станции могут оказаться экономически приоритетным источником энергии и важным социально-экономическим фактором развития «зеленой» экономики. В 1985 г. в местечке Бикрова в Ашхабаде на базе филиала НПО «Квант» функционировала первая в Советском Союзе самая крупная комбинированная фотоэлектрическая электростанция мощностью 10 кВт электрической и 120 кВт тепловой энергии. В отличие от подобных станций тепло здесь используется для теплоснабжения и хладоснабжения местного потребителя, а электрическая энергия передавалась в энергосистему и частично расходовалась для покрытия собственных нужд. Опыт эксплуатации станции в условиях Туркменистана свидетельствует о ее надежности, приоритетности и перспективности. Вторую солнечную фотоэлектрическую станцию (СЭС) мощностью 20 кВт предполагалось построить в Тезе-Гуи в Каракумах на отгонных пастбищах колхоза «40 лет ТССР» Ашхабадского района для энергоснабжения чабанских юрт и опреснения минерализованных вод. Эта маломощная СЭС должна была служить в качестве модели будущих СЭС мощностью 100, 1 000 кВт, но с распадом СССР проект был закрыт.

Как показывают опытно-проектные проработки,

⁷ Пенджиев А.М. Изменение климата и возможности уменьшения антропогенных нагрузок. Saarbrücken, Germany: LAP LAMBERT Academic Publishing, 2012. 166 с.

техничко-экономические показатели крупных СЭС значительно выше. Удельные капиталовложения в СЭС мощностью 200 тыс. кВт могут быть снижены до 1 500 долл./кВт, а себестоимость электроэнергии – до 5 центов за 1 кВт ч. Однако, для того чтобы СЭС была конкурентоспособной, в будущем необходимо снизить удельные капиталовложения по крайней мере в 3 раза, а себестоимость электроэнергии – в 4–5 раз⁸. Следует отметить, что независимо от высокого удельного капиталовложения (стоимости) по сравнению с традиционными системами, для производства электроэнергии СЭС рентабельны уже в настоящее время для пустынных районов и полупустынь, удаленных от централизованных электросетей.

В будущем одним из приоритетных направлений энергоснабжения может служить гелиогидроэнергетика – комбинированное производство электрической и тепловой энергии, а также пресной воды на базе использования солнечных прудов с градиентом солёности. Как показали расчеты и эксперименты зарубежных ученых, в бассейнах глубиной 1,5–3,0 м, залитых крепким рассолом хлоридов натрия, магния и других элементов, под воздействием солнечной радиации устанавливается градиент солёности, и вблизи дна рассол нагревается примерно до 100 °С. Свободная конвекция, обычно препятствующая такому нагреву воды, полностью подавляется утяжелением рассола из-за роста растворимости солей. Подобные пруды созданы во многих странах мира, энергетическая установка с фреоновым паротурбинным циклом уже достигла мощности 5 тыс. кВт при площади соленого пруда 0,25 км² (Израиль). При максимальной удельной

⁸ Стребков Д.С., Пенджиев А.М., Мамедсахатов Б.Д. Развитие солнечной энергетики в Туркменистане. М.: ВИЭСХ, 2012. 496 с.

мощности с единицы площади пруда для получения 100 тыс. кВт и 300 л/с конденсата требуется пруд площадью 16 км².

В Туркменистане при использовании рассолов залива Кара-Богаз-Гола, озера Сарыкамыш и других многочисленных соленых озер пустыни Каракумы для энергетических целей масштабы энергетических мощностей по производству электроэнергии и пресной воды существенно возрастут, это позволит сэкономить огромное количество органического топлива.

Другое важное направление снижения энергозатрат в сельскохозяйственном производстве – стимуляция физиологических процессов импульсным концентрированным солнечным светом (ИКСС). Облучение ИКСС семян растений повышает посевные качества, улучшает урожайность зерновых культур на 12–27%, овощных культур зеленцов – на 28%, сохраняя высокие товарные качества. Если учесть, что указанный агротехнический прием способствует только повышению урожайности таких культур, как томаты (на 20%) и бахчевые (на 15%), то в стране экономия энергетических ресурсов по достигнутым объемам производства составит 3 тыс. т.у.т. в год.

Эмпирические ресурсы солнечной энергии регионов Туркменистана. Для предварительного расчета можно использовать эмпирическую зависимость определения необходимых параметров для компьютерного программного обеспечения и составления ГИС-технологий с учетом местности территории Туркменистана, которая достаточно велика: протяженность с запада на восток составляет 1 100 км, с юга на север – 650 км. Естественно, что солнечный радиационный режим в веляятах (областях) различается, поэтому автором исследованы четыре веляята: северный – Дашогузский; восточный – Лебапский; центральный – Ахалский; западный – Балканский.

Преобразование солнечной энергии с помощью фотоэлектрических преобразователей зависит от валового, технического потенциала солнечной радиации. Проведя обработку метеорологических данных и ряд математических преобразований, и разлагая результаты преобразования в ряды Фурье, получены эмпирические формулы радиационных режимов I для регионов страны в зависимости от времени τ в виде рядов Фурье.

Для северного Дашогузского веляята (области) формула имеет вид:

$$I = 466,25 + 317,8\cos(0,26\tau - 0,058) + 24 \cos(0,52\tau + 1,0) + 11,2 \cos(0,78\tau - 0,244); \quad (1)$$

для восточного Лебапского веляята (области):

$$I = 478,1 + 317,5\cos(0,26\tau + 0,059) + 23,7\cos(0,52\tau + 0,691) + 11,2\cos(0,78 \Phi - 1,46); \quad (2)$$

для центрального Ахалского веляята (области):

$$I = 519,1 + 320,3\cos(0,26\tau + 0,05) + 11,8\cos(0,52\tau + 0,938) + 16,0\cos(0,78 \Phi + 0,402); \quad (3)$$

для западного Балканского веляята (области):

$$I = 542,57 + 276,8\cos(0,26 \Phi - 0,066) + 15,9 \cos(0,52\tau + 0,586) + 2,9\cos(0,78\tau - 0,08). \quad (4)$$

Используя технический потенциал солнечной энергии для фотоэлектрического преобразования с КПД 10–12% (среднем – 11%), выражения (1–4) соответственно примут вид:

$$I = 51,28 + 34,96\cos(0,26\tau - 0,058) + 2,64\cos(0,52\tau + 1,0) + 1,23\cos(0,78\tau - 0,244);$$

$$I = 52,59 + 34,92\cos(0,26\tau + 0,059) + 2,61 \cos(0,52\tau + 0,691) + 1,23\cos(0,78\tau - 1,46);$$

$$I = 57,1 + 35,23\cos(0,26\tau + 0,05) + 1,29\cos(0,52\tau + 0,938) + 1,7\cos(0,78\tau + 0,402);$$

$$I = 59,66 + 30,45\cos(0,26\tau - 0,066) + 1,7\cos(0,52\tau + 0,586) + 0,32\cos(0,78\tau - 0,08).$$

Таким образом, получены эмпирические формулы с учетом валового, технического и экологического потенциалов солнечной энергии по регионам Туркменистана, с помощью которых можно математически описать энергетический, экологический и экономический прогнозы. Полученные результаты также помогут составить прогноз по областям Туркменистана о возможности «зеленой» экономии электроэнергии и сокращения выбросов CO₂ с одного квадратного метра при преобразовании солнечной энергии в электрическую, а также рассчитать энергетический потенциал гелиотехнических установок, оборудования и сооружений в условиях Туркменистана.

Заключение

В настоящее время в Туркменистане, являющемся одним из немногих энергоизбыточных регионов Центральной Азии, нет острого дефицита в первичных и преобразованных источниках энергии. Однако развитие экономики, рост численности населения, необходимость улучшения жизненного уровня связаны с возрастанием объемов потребления энергии. Поэтому встает вопрос о необходимости экономии запасов органического топлива.

Пополнение запасов первичных энергоресурсов за счет открытия новых месторождений не решит проблемы возрастающего энергопотребления, поэтому рациональное обеспечение хозяйств Туркменистана энергоресурсами и повышение экономической эффективности их экологического использования, вовлечение в энергобаланс нетрадиционных, в том числе возобновляемых, источников энергии и проведение активной энергосберегающей политики «зеленой» экономики имеет исключительное значение. В связи с этим научно обоснованное прогнозирование рациональной потребности энергоресурсов на перспективу становится важной задачей, так как заниженные объемы могут привести к трудностям в обеспечении хозяйств энергоресурсами, а завышенные – к выделению дополнительных

капиталовложений и трудовых ресурсов на развитие ТЭК. Помимо того, в будущем это приведет к снижению эффективности капитальных вложений в отрасли ТЭК, в том числе электроэнергетики страны. Особое внимание следует уделить региональным аспектам решения экоэнергоэкономических проблем – углублению электрификации производства, внедрению природоохранных мероприятий и экономии топливно-энергетических ресурсов.

Таким образом, учитывая полученные результаты, можно решать энергетические и социально-экономические проблемы регионов Туркменистана, удаленных от централизованных энергосистем, поселков, населенных пунктов, объектов дайханских и пастбищных хозяйств, формально находящихся в зонах централизованного энергоснабжения, но в экономически труднодоступных местностях.

Список литературы

1. *Бердымухамедов Г.М.* Государственное регулирование социально-экономического развития Туркменистана. Т. 1. Ашхабад: Туркменская государственная издательская служба, 2010, 468 с.
2. *Байрамов Х., Чонанов Г.* Энергетика Туркменистана. Ашхабад: Туркменистан, 1990. 20 с.
3. *Вернадский В.И.* Несколько слов о ноосфере // Антология философской мысли. Русский космизм. М.: Педагогика Пресс, 1993. С. 303–311.
4. *Гумилев Л.Н.* Этногенез и биосфера Земли. Л.: Гидрометеиздат, 1990. 528 с.
5. Навстречу «зеленой» экономике: пути к устойчивому развитию и искоренению бедности. М.: ЮНЕП, 2011. 738 с.
6. *Пенджиев А.М.* План действия и стратегия внедрения возобновляемой энергетики // Альтернативная энергетика и экология. 2013. № 16. С 39–60.
7. *Пенджиев А.М.* Перспективы использования возобновляемых источников энергии в Туркменистане // Альтернативная энергетика и экология. 2007. № 9. С. 65–69.
8. *Пенджиев А.М.* Изменение климата и возможности уменьшения антропогенных нагрузок. Saarbrucken, Germany: LAP LAMBERT Academic Publishing, 2012. 166 с.
9. *Пенджиев А.М.* Экологические проблемы освоения пустынь. Saarbrucken, Germany: LAP LAMBERT Academic Publishing, 2014, 226 с.
10. *Пенджиев А.М.* Механизм чистого развития: приоритеты энергоэффективности в Туркменистане // Альтернативная энергетика и экология. 2009. № 10. С. 142–148.
11. *Пенджиев А.М.* Ресурсы и энергоэффективность солнечных энергетических установок в Центральном Каракумах // Энергообеспечение и энергосбережение в сельском хозяйстве: труды Международной научно-технической конференции. М.: ВИЭСХ, 2010. Т. 4. С. 126–140.
12. *Пенджиев А.М., Шукуров Ч.* Математическая модель эколого-экономических и энергетических воздействий на окружающую среду // Природные ресурсы и экология Дальневосточного региона: матер. Международного научно-практического форума 25–26 октября 2012 г., г. Хабаровск. Хабаровск: ТОГУ, 2013. С. 546–550.
13. *Петров К.М.* На пути к «зеленой» экономике // Биосфера. 2013. Т. 5. № 4. С. 369–373.
14. *Розенберг Г.С., Кудимова Г.Э.* На пути к «зеленой» экономике (знакомься с докладом ЮНЕП к «Рио + 20») // Биосфера. 2012. Т. 4. № 3. С. 245–250.

15. *Стребков Д.С., Пенджиев А.М., Мамедсахатов Б.Д.* Развитие солнечной энергетики в Туркменистане. М.: ВИЭСХ, 2012, 496 с.
16. *Степанов В.Э.* Возобновляемые источники энергии на сельскохозяйственных предприятиях. М.: Агропромиздат, 1989. 112 с.
17. *Уиттекер Р.* Сообщества и экосистемы. М.: Прогресс, 1980. 328 с.
18. *Duffie D.A., Beckman W.A.* Solar engineering of thermal process. A Wiley-Interscience Publication, 1991. 944 p.
19. *Schneider D.C.* Quantitative Ecology: Measurement, Models, and Scaling. San Diego (CA): Elsevier, 2009. 432 p.
20. *Seuront L.* Fractals and Multifractals in Ecology and Aquatic Science. Boca Raton (FL): CRC Press, 2010. 360 p.

GREEN ECONOMY PRIORITIES IN TURKMENISTAN

Akhmet M. PENDZHIEV

Turkmen State Institute of Architecture and Construction, Ashgabat, Turkmenistan
ampenjievr@rambler.ru

Article history:

Received 20 March 2015
Received in revised form
29 April 2015
Accepted 4 June 2015

Keywords: renewable energy
sources, green economy, ecology,
power saving, Turkmenistan

Abstract

Subject The article considers green economy priorities in Turkmenistan, technical and economic, power, and ecological potentials of solar energy units and other renewable energy resources.

Objectives The objective is to calculate the local potential of renewable energy sources in Turkmenistan with ecological, economic and social priorities on their use to address energy, economic, environmental and social issues, and to reduce the anthropogenous load in the climate change for implementing the government programs for sustainable economic development.

Methods I apply the mathematical modeling and economic methods to analyze various aspects of investment activity in regions, define the most efficient systems of renewable energy sources in managing the investment activity at the level of regions, and priorities in ecological business.

Results The article presents technical, economic, energy, and ecological potential of solar energy units and other renewable energy sources in Turkmenistan to solve the green economy-related problems. Based on theoretical studies on the use of solar energy units, it is possible to make project proposals for selling quotas to the Carbon Fund of the World Bank. I developed empirical formulas considering the gross, technical, and ecological potential of solar energy in the regions of Turkmenistan. The formulas may help forecast energy, economic and ecological potential of active solar energy systems, equipment and facilities to make a technological database of the green economy of Turkmenistan.

Conclusions Rational supply of energy resources, increasing the economic efficiency of their ecological use, involving the nonconventional power sources (including renewable ones), and sound energy efficiency policy are extremely important for green economy.

© Publishing house FINANCE and CREDIT, 2015

References

1. Berdymukhamedov G.M. *Gosudarstvennoe regulirovanie sotsial'no-ekonomicheskogo razvitiya Turkmenistana. T.1* [State regulation of the socio-economic development of Turkmenistan. Vol. 1]. Ashgabat, Turkmenskaya gosudarstvennaya izdatel'skaya sluzhba Publ., 2010, 468 p.
2. Bairamov Kh., Chonanov G. *Energetika Turkmenistana* [Energy in Turkmenistan]. Ashgabat, Turkmenistan Publ., 1990, 20 p.
3. Vernadskii V.I. *Neskol'ko slov o noosfere. V kn.: Antologiya filosofskoi mysli. Russkii kosmizm* [A few words about the noosphere. In: Anthology of philosophical ideas. Russian cosmism]. Moscow, Pedagogika Press Publ., 1993, pp. 303–311.
4. Gumilev L.N. *Etnogenez i biosfera Zemli* [Ethnogenesis and the Biosphere of the Earth]. Leningrad, Gidrometeoizdat Publ., 1990, 528 p.
5. *Navstrechu "zelenoi" ekonomike: puti k ustoichivomu razvitiyu i iskoreneniyu bednosti* [Towards the green economy: ways to sustainable development and poverty eradication]. Moscow, UNEP Publ., 2011, 738 p.
6. Pendzhiev A.M. Plan deistviya i strategiya vnedreniya vozobnovlyaemoi energetiki [Action plan and implementing the strategy of renewable energy]. *Al'ternativnaya energetika i ekologiya = Alternative Energy and Ecology*, 2013, no. 16, pp. 39–60.
7. Pendzhiev A.M. Perspektivy ispol'zovaniya vozobnovlyaemykh istochnikov energii v Turkmenistane [Prospects for renewable energy in Turkmenistan]. *Al'ternativnaya energetika i ekologiya = Alternative Energy and Ecology*, 2007, no. 9, pp. 65–69.

8. Pendzhiev A.M. *Izmenenie klimata i vozmozhnosti umen'sheniya antropogennykh nagruzok* [Climate change and the possibility of reducing the anthropogenic impact]. Saarbrucken, Germany, LAP LAMBERT Academic Publishing, 2012, 166 p.
9. Pendzhiev A.M. *Ekologicheskie problemy osvoeniya pustyn'* [The environmental problems of desert development]. Saarbrucken, Germany, LAP LAMBERT Academic Publishing, 2014, 226 p.
10. Pendzhiev A.M. Mekhanizm chistogo razvitiya: priority energoeffektivnosti v Turkmenistane [The clean development mechanism: energy efficiency priorities in Turkmenistan]. *Al'ternativnaya energetika i ekologiya = Alternative Energy and Ecology*, 2009, no. 10, pp. 142–148.
11. Pendzhiev A.M. [Resources and efficiency of solar power plants in the Central Kara-Kum desert]. *Energoobespechenie i energosberezhenie v sel'skom khozyaistve: trudy Mezhdunarodnoi nauchno-tekhnicheskoi konferentsii* [Proc. Int. Sci. Conf. Energy Supply and Conservation in Agriculture]. Moscow, All-Russian Scientific-Research Institute for Electrification of Agriculture Publ., 2010, vol. 4, pp. 126–140.
12. Pendzhiev A.M., Shukurov Ch. [Mathematical model of ecological-economic and energy impact on the environment]. *Prirodnye resursy i ekologiya Dal'nevostochnogo regiona: mater. Mezhdunarodnogo nauchno-prakticheskogo foruma* [Proc. Int. Sci. Conf. Natural Resources and Ecology of the Far East Region, Khabarovsk, 25–26 October, 2012]. Khabarovsk, Pacific National University Publ., 2013, pp. 546–550.
13. Petrov K.M. Na puti k “zelenoi” ekonomike [Towards the green economy]. *Biosfera = Biosphere*, 2013, vol. 5, no. 4, pp. 369–373.
14. Rozenberg G.S., Kudimova G.E. Na puti k “zelenoi” ekonomike (znakomyas' s dokladom YuNEP k “Rio + 20”) [Towards the green economy (reading the UNEP report to Rio + 20)]. *Biosfera = Biosphere*, 2012, vol. 4, no. 3, pp. 245–250.
15. Strebkov D.S., Pendzhiev A.M., Mamedsakhmatov B.D. *Razvitie solnechnoi energetiki v Turkmenistane* [Developing the solar energy in Turkmenistan]. Moscow, All-Russian Scientific-Research Institute for Electrification of Agriculture Publ., 2012, 496 p.
16. Stepanov V.E. *Vozobnovlyemye istochniki energii na sel'skokhozyaistvennykh predpriyatiyakh* [Renewable energy on farms]. Moscow, Agropromizdat Publ., 1989, 112 p.
17. Whittaker R. *Soobshchestva i ekosistemy* [Communities and Ecosystems]. Moscow, Progress Publ., 1980, 328 p.
18. Duffie D.A., Beckman W.A. *Solar Engineering of Thermal Process*. A Wiley-Interscience Publication, 1991, 944 p.
19. Schneider D.C. *Quantitative Ecology: Measurement, Models, and Scaling*. San Diego, CA, Academic Press, Elsevier, 2009, 432 p.
20. Seuront L. *Fractals and Multifractals in Ecology and Aquatic Science*. Boca Raton, FL, CRC Press, 2010, 360 p.