

Технические науки

УДК 621.383; 621.472(575.4)

ОСНОВЫ ГЕОИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМ В РАЗВИТИИ СОЛНЕЧНОЙ ЭНЕРГЕТИКИ ТУРКМЕНИСТАНА³

А. М. Пенджиев Туркменский государственный архитектурно-строительный институт
(Ашхабад, Туркменистан), e-mail: *ampenjiev@rambler.ru*

Аннотация. В статье рассматриваются геоинформационные системы (ГИС) и создание геоинформационных технологий (ГИТ), которые позволяют оперативно и подробно анализировать на основе имеющейся географически привязанной информации различные альтернативные варианты для проведения оценки последствий вариантов проектирования установок, в той или иной области солнечной энергетики с целями обеспечения устойчивого развития региона. В основном это относится к энергетическим объектам и системам, использующие солнечные энергетические источники, с их высокой пространственной и временной неравномерностью и изменчивостью. В соответствии со стоящими задачами, определяющими необходимые расчетные параметры, и встают требования к исходной физико-географической, природно-климатической, метеорологической, солнечные энергетические ресурсы и информации энерго-экопотенциала, необходимой для создания базы данных ГИС. Оценки солнечных энергоресурсов и его распределения по территории затруднено ограниченностью объема энергопотенциала по времени и в пространстве. С помощью ГИС можно решить энергетические, экономические, экологические, социальные вопросы и возможности смягчения изменения климата на основе солнечных энергетических установок, и их ресурсы, экологические выгоды, цели и задачи на научно-методических основах в области солнечной энергетики для реализации государственных программ Туркменистана энергообеспечения региона. На основе ГИС технологий составлена база данных, выведены эмпирические формулы солнечных энергетических ресурсов и экологических потенциалов по областям Туркменистана.

Ключевые слова: возобновляемая энергетика, солнечная энергетика, геоинформационные системы, технологический, валовой, технический, экономический, экологический потенциал, эконенергетика, экология, экобизнес, Туркменистан.

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность проблемы. Выступая на состоявшемся Форуме Энергетической Хартии «Надежный и стабильный транзит энергоносителей» 9 декабря 2014 г. Президент Гурбангулы Бердымухамедов подчеркнул об объективных тенденциях в геоэкономике, когда именно диверсификация, наличие альтернативных маршрутов поставок выступают решающим условием глобальной энергетической безопасности, устойчивости всей системы мирохозяйственных связей, их гарантией от односторонности и структурных деформаций. В этом, на наш взгляд, заключена сама суть устойчивой энергетики.

При этом Туркменистан отводит особую роль вопросам энергоэффективности и энергосбережения, использования возобновляемых источников энергии (ВИЭ). Их обсуждение сегодня должно стать важнейшей и органичной частью международного энергетического диалога, выразил убежденность глава государства. Бережное и дальновидное отношение к

³ Рецензент Курбанов Ходжакули, доктор технических наук, профессор Туркменского государственного архитектурно-строительного института.

экологии, к сохранению естественной природной среды - еще один ключевой компонент современного энергетического цикла. Объективное требование дня - использование инновационных технологий и методов управления при создании энергетической производственной и транзитной инфраструктуры. Высокая экологичность мировой добычи углеводородов сегодня становится синонимом ее эффективности [1, Газета «Нейтральный Туркменистан» 10.12.2014 г.].

Интерес к проектам по возобновляемой энергетике неуклонно растет и во всем мире, они ставят множество технологических и технических задач, а также выявляют проблемы оценки возможности и эффективности использования ВИЭ. Для решения комплекса разнообразных задач в данной области возможно и целесообразно использование инструментария геоинформационных систем (ГИС) и технологий.

ГИС - это организованный набор аппаратуры, программного обеспечения, персонала и географических данных, предназначенных для эффективного ввода, хранения, обновления, обработки, анализа и визуализации данных, всех видов географически организованной информации. Другими словами ГИС – это система, способная хранить и использовать данные о пространственно-организационных объектах.

Исходя из вышеизложенной основной составляющей геоинформационной системы, является развития возобновляемой энергетики в решение энергетических, экономических, экологических, социальных задач и возможности снижения антропогенных нагрузок на биосферу смягчения изменения климата на основе возобновляемых энергетических ресурсов и технологий в Туркменистане. [4,7-9,20].

Целью и задачей статьи является создания основ разработки геоинформационной системы, технологий на основе ВИЭ и обеспечение информационного, программного геоинформационного моделирования для решения ряда задач по оценке пространственного распределения возобновляемых энергоресурсов, в частности распределения солнечных энергетических ресурсов на территории Туркменистана.

Научная новизна. Предложены принципы построения новой ГИС технологии и создана основы для решения задач комплексной оценки возобновляемых экоэнергоресурсов потенциала Туркменистана, которая имеет территориальную привязку. Впервые с применением геоинформационных технологий построена энергетическая карта потенциала и рассчитаны технически доступность солнечных энергетических ресурсов для энергообеспечения на территории Туркменистана.

1. Основы геоинформационные системы в области возобновляемой энергетики.

Геоинформационные системы (ГИС) – это интегрированные в единой информационной среде электронные пространственно-ориентированные изображения (карты, схемы, планы и т.п.) и базы данных (БД). В качестве БД могут использоваться теоретические расчеты, таблицы, паспорта, иллюстрации, расписания и т. п. Такая интеграция значительно расширяет возможности системы и позволяет упростить аналитические работы с координатно-привязанной информацией [4, 7-11, 20].

ГИС характеризуются следующими положительными моментами: наглядность представления семантической информации из БД за счет отображения взаимного пространственного расположения данных; увеличение информационной емкости продукта за счет

связи пространственно-ориентированных изображений с семантической информацией из БД ; улучшение структурированности информации и, как следствие, повышение эффективности ее анализа и обработки.

Традиционный набор функций ГИС при работе с картой включает: показ карты в различных масштабах; выбор набора слоев информации для показа; зависимость внешнего вида объектов от их семантических характеристик; оперативное получение информации об объекте при выборе его курсором мыши; возможность распечатки любых фрагментов карты.

Области применения и использования ГИС – технологий. Энергетические компании широко используют геоинформационные системы для разработки проектов.

Интеграционные возможности ГИС поистине безграничны. Эти системы позволяют вести учет численности, структуры и распределения населения и одновременно использовать эту информацию для планирования развития социальной инфраструктуры, транспортной, энергетической сети, оптимального размещения объектов здравоохранения, противопожарных отрядов и сил правопорядка и так далее [4,7-11,20].

В данной работе основной упор сделан на создание основы ГИС и технологию на службу энергообеспечения отдаленные районы пустынные и для графического построения карт и получения информации, как отдельных различных животноводческих объектах, улучшение сельских жителей их экономическую, экологическую и социальную проблемы. Отмеченные на карте области во многих случаях гораздо нагляднее отражают требуемую информацию, чем десятки страниц отчетов с таблицами.

Использование возобновляемых источников энергии имеет важное значение для обеспечения потребностей населения, промышленности и сельского хозяйства в тепловой и электрической энергии, позволяет решать энергетические, социально-экономические, экологические проблемы регионов Туркменистана, удалённых от централизованных энергосистем, маркетинг, менеджмент экологического бизнеса по продаже квот.

Особенности возобновляемых источников энергии. Возобновляемая энергетика характеризуется многогранностью, разнообразием характеризующих её критериев и составляющих. В перечне задач, возникают в осуществление проектов по возобновляемой энергетике (ВЭ) (помимо технологических и технических), особо выделяется проблемы оценки возможности и энергоэффективности использования возобновляемых источников энергии (ВИЭ) для энергоэкологообеспечения регионов [3,7-11,18].

Очевидно, что при этом с одной стороны необходимы обширные массивы информации, охватывающей как природные ресурсы территории, так и экономические, экологические характеристики региона (инфраструктура энергетики, энергетические балансы, линии электропередач, наличие отраслей промышленности; характеристики сельскохозяйственного производства, пастбищных животноводческих хозяйств и прочие другие.). С другой стороны, необходимо привлечь такие инструменты анализа, которые позволяли бы собирать, оперативно модернизировать и преобразовывать эти массивы данных, отображать их путем всестороннего анализа и получать на их основе обоснованные оценки и делать технологические расчеты.

Одновременно следует учитывать, что зачастую пользователя интересуют комплексные оценки по различным видам источников энергии. В конкретных регионах наиболее эффективным может стать либо использование гибридных энергоустановок, либо созда-

ние нескольких установок (станций) на различных типах энергии. В связи с комплексностью указанной проблемы, а также известной «региональностью» возобновляемой энергетики, становится возможным и актуальным использование инструментария геоинформационных технологий.

Зарубежный опыт использования ГИС в возобновляемой энергетике. В настоящий момент за рубежом имеется достаточно успешный опыт использования ГИС-технологий в области возобновляемой энергетики. Рассмотренные в ходе исследования зарубежных авторов по геоинформационным ресурсам по ВЭ можно подразделить по охвату территории на: локальные; региональные; национальные; глобальные. Например:

1) Атлас возобновляемой энергетики Вермонта [3] – региональная ГИС, разработанная на основе ArcGIS 9.3.1. 2) Созданная в Национальной лаборатории ВИЭ США (NREL USA) Renewable resources map and data [3,8] является геоинформационной системой национального уровня. 3) 3TIER Renewable Energy [3,9,10] - коммерческий ГИС-продукт, который предоставляет в открытом (демонстрационном) режиме только услугу Firstlook по первичной оценке ресурсов трех источников возобновляемой энергии: ветра, солнца и водных потоков.

Недостатком существующий продукт, предлагаемый компанией, характеризуется наличием постоянно обновляемой базы данных, а также возможностью пополнения ее собственными данными пользователя; инструментами анализа данных для получения на их основе новой «производной» информации, представлением результатов в виде диаграмм, графиков, карт и других визуальных объектов. Однако, отсутствие информации о методиках проведения расчетов, а также оценок точности прогноза являются весьма критичным.

Первые шаги в России сделаны с использованием ГИС в области возобновляемой энергетики сделаны учеными из МГУ Новаковским Б.А., Прасоловой А.И., Киселевой С.В., Рафиковой Ю. Ю. и другими [4,7-9].

В Туркменистане на данный момент нет аналогов зарубежным ГИС по возобновляемой энергетике. На отечественном рынке создание ГИС сдерживается дороговизной специализированных программных средств, длительными сроками разработки и высокими требованиями к "компьютерной" квалификации персонала. При этом экологические вопросы на основе ВИЭ и экологические потенциалы практически не изучены, тем более ГИС и технологиями. [3,8-11,20].

Началом моей работы в этом направлении стала инициатива по использованию солнечных энергетических установок в пустынной зоне Каракумы. Так как потенциал солнечных энергетических ресурсов на территории Туркменистана огромен [9-18] и пополнением собранных различных характеристик баз данных, как в теоретическом, эмпирическом и практическом плане найдут свое применение в разработке ГИС и технологии [4,10-19].

По имеющим результатам направленности можно выделить однокомпонентные ГИС солнечную энергетическую обстановку и многокомпонентные (включающие в себя несколько комбинированных ВИЭ).

По типу информации, включаемой в основу ГИС ВИЭ, и используемой для оценки целесообразности и выгодности использованию солнечной энергетике можно выделить следующую постановку задачи:

- ✓ Данные для оценки солнечных энергетических ресурсов (комплекс метеорологических и актинометрических, радиационных данных, описание энергетических

данных о физических и химических характеристиках установки, предназначение установки, данные по социальной и экологической жизнедеятельности человека, населению и прочие др.);

✓ Технические характеристики потенциала солнечной установки (для расчетов предполагаемой выработки электрической и тепловой энергии);

✓ Экономические потенциал (предпосылки цены на энергию от традиционных и нетрадиционных источников с целью сравнения их выгоды, экономия органического топлива);

✓ Энергетические балансы региона (предприятия, производящие энергоустановки на основе солнечной энергии, инвестиции в данную область, налоговые льготы на использование солнечную станцию или установку, зарплаты работников объектов и т.д.);

✓ Социальные предпосылки (занятость населения и потенциальные рабочие места от строительства объектов на солнечной энергетической станции, соотношение новых рабочих мест и прогнозируемого объема вырабатываемой энергии, решение социально-бытовых условий, уменьшение негативных факторов, влияющих на здоровье населения за счет снижения вредных выбросов и т.д.);

✓ Экологические аспекты (величина снижения вредных выбросов при использовании солнечной энергетической станции, снижение загрязнения на окружающую среду, создание экобизнеса для продажи квоты и т.д.) [8-11,15].

Исходя, из выше поставленных задач, в статье сделан упор на создание основ по использованию ГИС технологий в солнечной энергетике Туркменистана.

Общие физико-географические условия Туркменистана. Туркменистан – нейтральное, независимое государство в Центральной Азии, расположена между 35° 08' и 42° 48' северной широты и 52° 27' и 66° 41' восточной долготы, севернее гор Копетдага, между Каспийским морем на западе и рекой Амударья на востоке. Протяженность с запада на восток – 1110 км, с юга на север – 650 км. Площадь государства – 491,2 тыс. кв. км. На севере он граничит с Казахстаном и на севере и юго-востоке – Узбекистаном, на юге – с Ираном и Афганистаном [1-2,10,11,18]. Огромную территорию около 80 % занимает пустыня Каракумы и горы Копетдаг.

Туркменистан обладает высоким энергетическим потенциалом. Строительство 1 км линий электропередач (ЛЭП) обходится государству в 18–25 тыс. долл. США, что экономически не целесообразно, поэтому одним из перспективным, направление обеспечения энергией отдаленные населенные пункты страны, является использования возобновляемых источников энергии.

По изученным данным на территории Туркменистана энергетический потенциал ВИЭ огромен и составляет: Солнца - $4 \cdot 10^{15}$ кДж или $1.4 \cdot 10^9$ т у.т. в год; ветра - $640 \cdot 10^9$ кВт ч в год; геотермальных вод - 2,5 млн. т у.т в год, кроме того еще достаточно энергия биомассы и малых рек.

Создание современную инфраструктуру на основе инновационных технологии и повышение роста сельскохозяйственного производства в пустынной зоне является одним из приоритетных направлений социально-экономического развития Туркменистана на долгосрочную перспективу [1]

Характеристика солнечных энергоресурсов. Годовой приход прямой солнечной радиации на горизонтальную поверхность при ясном небе составляет 146-154 ккал/см², или 1699,4 - 1793 кВт/м², годовые суммы рассеянной радиации при безоблачном небе составляют 32-39 ккал/см², или 372,3 - 453,9 кВт/м². Незначительная нижняя облачность снижает поступление прямой солнечной радиации всего на 27-35% от возможной и в то же время увеличивает рассеянную радиацию на 25-40%. В результате при реальных условиях облачности годовой приход суммарной радиации уменьшается по сравнению с возможным на 13-19% и колеблется в пределах 145 - 163 ккал/см², или 1687,7 - 1897,2 кВт/м² [9-18].

Радиационный баланс составляет 16-35% поглощенной радиации зимой и 50-66% летом. Годовой радиационный баланс естественной поверхности с редкой растительностью составляет 47-53 ккал/см², или 547,1-616,9 кВт/м², поверхности с густой травяной растительностью – 71 ккал/см², или 826,4 кВт/м².

В связи с близостью Каспийского моря в прибрежной полосе (Челекен, Гасан-Кули) наблюдается увеличение числа облачных дней и дней с туманом, чем обуславливается уменьшение продолжительности солнечного сияния примерно на 400—450 час. в год по сравнению с внутренними районами рассматриваемой территории (Июлатань, Ербент). На северных склонах горных хребтов Копет-Дага наблюдается также увеличение числа дней с облачностью, в связи с чем продолжительность солнечного сияния здесь по сравнению с Центральными Каракумами меньше в среднем на 200 часов в году.

Наибольшая продолжительность солнечного сияния летом наблюдается на востоке Центальных и Юго-Восточных части Туркменистана (Ак-Молла, Атамырат, Ёюлатань, Серхетабат) и достигает здесь 390—400 часов в месяц, что составляет 95—97% возможной продолжительности. Наименьшая продолжительность солнечного сияния в это время года — 310—320 часов в месяц (около 75% возможной) — имеет место в зоне сухих субтропиков, охватывающих юго-западную часть Туркмении (Кара-Кала, Гасан-Кули).

В зимний период в этом районе, наоборот, отмечается наибольшее число часов солнечного сияния— 150—165 час. в месяц (около 52% возможной). Наименьшая продолжительность солнечного сияния в это время года— 100—120 час. в месяц (около 38% возможной продолжительности) — наблюдается в предгорьях Копет-Дага и на севере рассматриваемой территории.

Альbedo естественных поверхностей на рассматриваемых территориях колеблется в среднем от 22 до 35% в течение года. Резкое изменение альbedo зимой наблюдается только в отдельные дни при выпадении снега. Среднее месячное альbedo в период со снежным покровом в горах колеблется в пределах 40-70%.

В сумме за год естественной поверхностью отражается 26-32% приходящей коротковолновой радиации, в оазисах с густой травяной растительностью – 20-22%. На эффективное излучение в приморском районе и в оазисах с густой травяной растительностью приходится от 30 до 33% суммарной радиации, для районов с редкой растительностью – от 34 до 39%.

2. Основные этапы создания ГИС карты солнечного потенциала Туркменистана

Для создание основы ГИС карты солнечного энергетического потенциала проделаны целый ряд научно-исследовательских работ: математические операции и расчеты солнечного потенциала; распределением солнечной радиации по регионам страны;

временные зависимости по сезонам года; распределения удельной мощности интенсивности радиационного потока на территории Туркменистана; рассчитан коэффициент полезного действия различных солнечных электрической установки в зависимости от назначения и многие другие расчеты, они приведены в моих научных трудах [4, 7-9, 20].

Принятие решений использования ГИС и технологий на основе ВИЭ в разработке, составлений проектно-сметной документации, необходимо технико-экономическое обоснование для проектирований строительстве энергетических объектов. Для этого нужны различного рода географическое месторасположение, энергетические ресурсы и создание базы данных с соответствующими потенциалами ВИЭ.

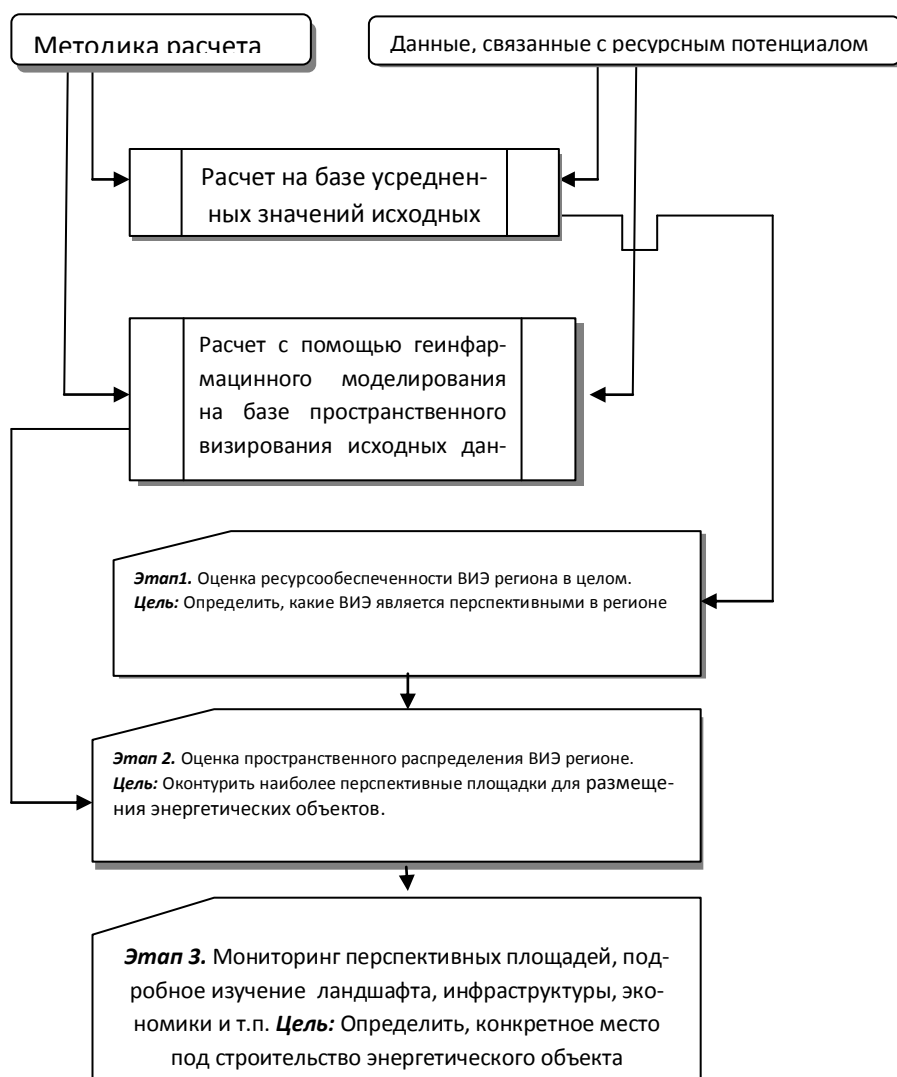


Схема 1. Роль ГИС в принятии решения о строительстве энергетических объектов на основе ВИЭ.

Для обоснования базы данных и принятия решения о строительстве энергетических объектов на основе ВИЭ на территории регионов Туркменистана разделили на три этапа (Схема 1): 1 – средняя оценка ресурсообеспеченности региона; 2 – выделение перспективных площадей региона; 3 – выбор конкретной участка зоны (в рамках перспективных пло-

щадей) с учетом требований к энергетическому объекту, данном случае пустынную часть страны. Применение геоинформационных технологий максимально необходимо и эффективно на втором этапе [7-10,12,21].

В своих следующих научных работах технологии геоинформационного моделирования позволяют решать задачи по оценке всех видов возобновляемых энергоресурсов региона. Но упор сделан на моделирование пространственного распределения возобновляемых энергоресурсов. Трехмерное моделирование в большей мере позволяет получить адекватные результаты геотермальных ресурсов, нежели при моделировании других ВИЭ.

Тенденция в развитии современных ГИС такова, что можно выделить так называемые системы общего назначения (*ArcGIS, MapInfo*), направленные на решение широкого круга общих задач, и специализированные системы. Специализированные системы направлены на решение конкретных научных задач и, как правило, разрабатываются сугубо в научных организациях. Они ориентированы либо на решение конкретных задач, например, ГИС-ИНТЕГРО (ВНИИгеосистем, Россия) в природопользовании или *3DGeomodeller (BRGM, Франция)* для построения трехмерных геологических моделей, либо для предоставления пользователю некоторого вычислительного инструмента, например, интерполятор на регулярной сети *Surfer (GoldenSoftware, США)* и так далее [7-11,15,18].

Если понимать под решением научной задачи получение принципиально новой информации, как количественной, так и качественной, на базе некоторой модели и исходных данных, то можно смело утверждать, что системы общего назначения, строго говоря, не решают научных задач. Они, скорее, предоставляют инструментальные средства, позволяющие преобразовывать, хранить и визуализировать пространственную информацию для ее последующей интерпретации специалистом. Но это не уменьшает достоинств данных систем, и они получили массовое распространение [4,7-11,17-20].

Солнечные энергетические потенциалы. *Валовой потенциал солнечной энергии* – это среднемноголетняя суммарная солнечная энергия, поступающая на площадь региона в течение одного года.

Для расчета прихода солнечной энергии целесообразно использовать данные по месячному приходу энергии на наклонную поверхность, в соответствии с методики. После проведения расчетов валового потенциала по существующей методике. С учетом среднего параметра угла наклона прямого солнечного излучения к нормали и месячный приход прямой солнечной энергии на нормально ориентированную поверхность за 10 часов (с 7 до 17 ч) равна 2065,611 кВт·ч/(м²·мес.). Суммарное поступление солнечной энергии на единицу горизонтальной поверхности в год за 10 часов в сутки (7-17 ч), оказывается равным 1895,9 кВт·ч/(м²·год), Валовой потенциал Юго-восточной территорий равен 1895,9·S кВт·ч/год, Центральны Каракумов -1844,6 кВт ч/ м² год [4-10]. На рисунке 1 представлены обработанная карта солнечной радиации для базы данных ГИС Туркменистана [7-11,17-20].

Технический потенциал солнечной энергии – это сумму потенциалов тепловой энергии и электрической энергии, получаемых соответствующим преобразованием солнечного излучения. Для каждой зоны ГИС технологий используются следующие данные: технический потенциал тепловой энергии и фотоэлектрических батарей от солнечного излучения; площадь, которая по хозяйственным и экологическим соображениям представляется целесообразной для использования солнечной энергии; среднемесячная температура окру-

жающей среды в дневное время (время работы установок). Расчет технического потенциала тепловой энергии, электроэнергии производится по соответствующим формулам, он равен, соответственно, 1256,44 и 242,43 кВт·ч/(м²·год) [9-15, 18].

Экономический потенциал солнечной энергии – это величина годовой выработки тепловой и электрической энергии в регионе от солнечного излучения, получение которой экономически оправданно для региона при существующем уровне цен на энергию, получаемую от традиционных источников, и соблюдении экологических норм. Экономический потенциал солнечной энергии представляет сумму экономических потенциалов составляющих его зон. Для каждой зоны ГИС используются следующие данные: экономический потенциал тепловой энергии от солнечного излучения; экономический потенциал электроэнергии от солнечного излучения; срок окупаемости солнечной энергетической установки; срок службы солнечной энергетической установки; экономический эффект использования солнечных энергетических установок; экономический эффект использования солнечных тепловых коллекторов; экономический эффект использования солнечных фотоэлектрических установок; среднегодовая температура окружающей среды в дневное время (время работы солнечных установок); среднемесячная температура окружающей среды в течение *i*-го месяца, в дневное время (время работы солнечных установок); удельная стоимость солнечной установки; региональный экологический фактор источника солнечной энергии; региональный экологический фактор традиционного источника энергии; удельная стоимость производства энергии от традиционного источника; региональный фактор стоимости энергии от традиционного источника; годовой дефицит энергии в регионе или годовая дополнительная потребность промышленного производства в энергии; удельная цена потерь от недостатка энергии или удельная стоимость ценностей, производимых промышленностью; суточная норма потребления горячей воды на одного человека в быту; норма средней электрической мощности на одного человека, необходимой для удовлетворения основных бытовых потребностей [3,9-18].

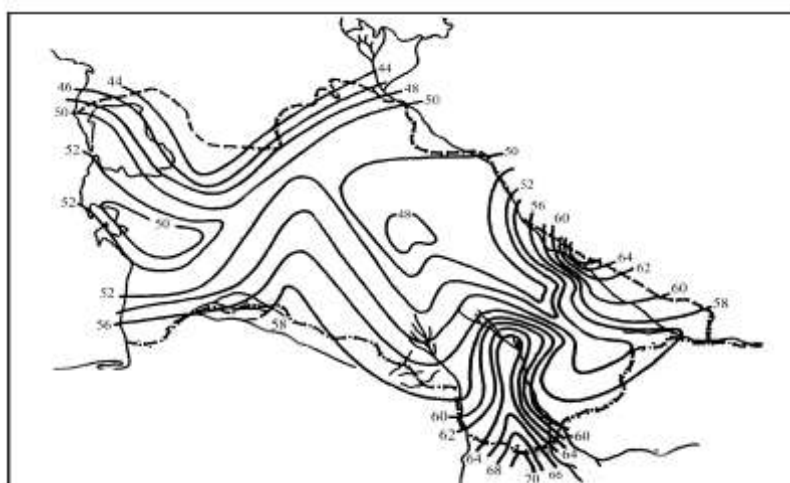


Рис.1. Солнечный радиационный баланс ккал/см² год.

Определение экономического потенциала проводится при условии, что солнечные тепловые коллекторы стационарно ориентированы под углом наклона к горизонту. Расчет экономического потенциала тепловой энергии равен 1378,102 кВт·ч/(м²·год). Экономический эффект от преобразования солнечного излучения в тепловую, электрическую энер-

гию положителен и соответственно равен 588,56 кВт·ч/год при КПД 0,5; 248,5 кВт·ч/(м²·год) при КПД 14 %. [3,9-18].

Срок окупаемости солнечной тепловой установки при различных сроках службы солнечных коллекторов в зависимости от изготовителя равен например при стоимости: 200-500 долл. США 1,04–2,8 года (российского производства); 500-1000 долл. США 2,80–6,6 года (производства зарубежных фирм); 600-1200 долл. США 3,5–8,4 года (российского производства); 1500-2000 долл. США 11,8–19,5 года (производства зарубежных фирм) [3,10-18].

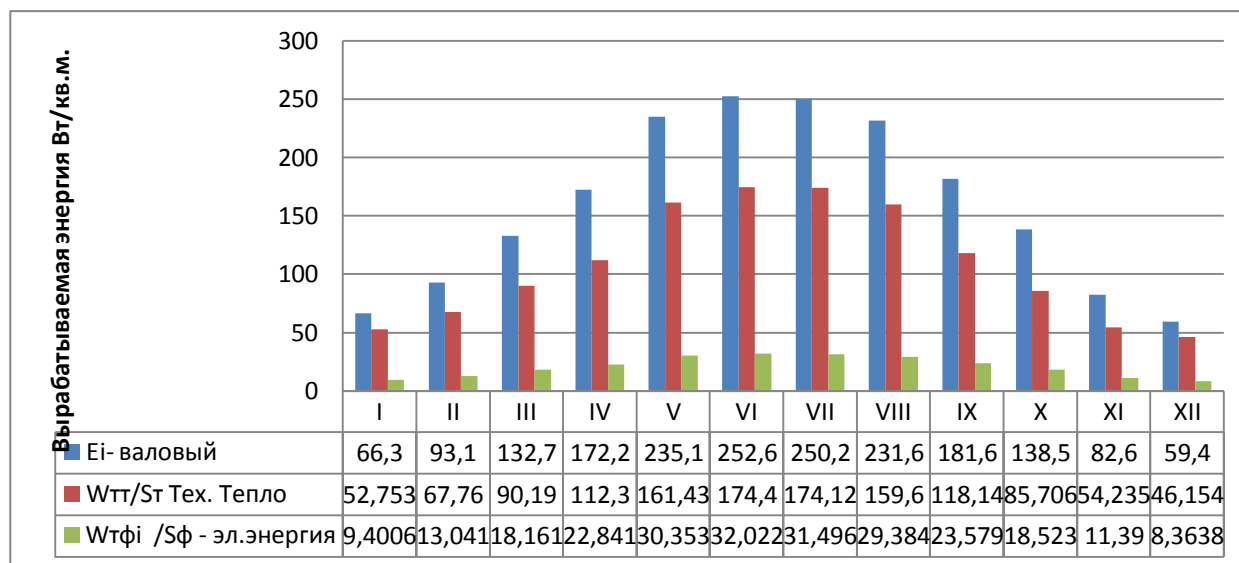


Рис.2. Распределения валового и технического потенциалов солнечной энергии от преобразования в тепловую энергию и электрическую в Каракумах по месяцам на 1 метр квадратный.

Экологический потенциал от преобразования солнечной энергии. Экологический потенциал ВИЭ – часть технического потенциала, преобразование, которого в полезную используемую энергию экологической целесообразно при данном уровне сокращения вредных выбросов в окружающую среду от ископаемого, органического топлива при преобразовании в тепловую, электрическую энергию и других видов энергии от оборудования, установок, станции и транспортных средств и др. загрязнителей [6,11-16].

В выражениях, определяющих экономическую эффективность, не учитывается влияние вводимых установок на окружающую природу, на социальные условия жизни и деятельности человека, что в целом определяется как экологические условия, но при рассмотрении более расширенном виде. Возобновляемые источники энергии по сравнению с традиционными обладают важными преимуществами, заключенным в возможности обеспечения экологической чистоты вводимых установок, а в некоторых случаях – возможности улучшения экологической обстановки.

Экологический потенциал солнечной энергии характеризует сумму экономических потенциалов тепловой энергии и электрической энергии, получаемых соответствующим преобразованием солнечного излучения [6-16,18].

В итоге ожидаемое сокращение выбросов различных вредных веществ в окружающую среду в Туркменистане при использовании солнечной фотоэлектрической станции составит: при годовой выработке электроэнергии с 1 кв. м 242,44 кВт·ч/год экономия расхода топлива составит 96,98 кг у.т./год, сокращение выбросов диоксида серы SO₂ – 2,01; оксида азота NO_x – 1,08; оксида углерода CO – 0,1401; метана CH₄ – 0,296; двуоксида углерода CO₂ – 155,08; твердых веществ – 0,211175 кг/год; от преобразования в тепловую энергию 1256,44 кВт·ч/год экономия расхода топлива составит 502,60 кг у.т./год, сокращение выбросов SO₂ – 10,44; NO_x – 5,624; CO – 0,726; CH₄ – 1,53; CO₂ – 803,68; твердых веществ – 1,094 кг/год [11-18].

Одной из форм учета при составлении ГИС каты, является влияния вводимых источников энергии на экологию региона может быть введение в удельную стоимость получаемой энергии регионального экологического фактора источника, учитывающего относительные расходы на компенсацию вредных последствий ввода единицы энергии того или иного источника в регионе. Если удельная стоимость источника энергии в производстве, то удельная стоимость с учетом коэффициент регионального экологического фактора, причем коэффициент регионального экологического фактора > 1 для источника, приводящего к ухудшению экологической обстановки в регионе, и коэффициент регионального экологического фактора < 1 – для источника, улучшающего экологическую обстановку в регионе; для одного и того же источника экологического коэффициента в различных регионах может изменять величину, становиться больше или меньше единицы.

Таким образом, с учетом регионального фактора стоимости топлива и регионального экологического фактора срок окупаемости и экономический эффект использования солнечной установки в общем случае определяются включением коэффициент регионального экологического фактора, механизм чистого развития Киотского протокола Маракешского соглашения экологического бизнеса продажи квотами [10-18].

Экологическими, экономическими, техническими показателям и потенциалами от солнечно – энергетических установок станции представлены на рисунке 2,3 и таблицах 1,2.

Теоретическое и методическое определения потенциалов солнечной энергии региона подробно представлены в научных трудах [11,12-18].

Определение оптимального угла наклона солнечных модулей в районах Туркменистана. Параметр созданий базы данных для ГИС необходима учета интенсивности прямого солнечного излучения на горизонтальную поверхность в зависимости от часового угла солнца и угла склонения при различных углах наклона для северной широты, Для средней широты Туркменистана с учетом реального поступления солнечной энергии включая определение полного потока солнечной энергии на наклонную поверхность в течение определенного периода времени (например, за месяц) при различных углах наклона посредством интегрирования по времени. Расчеты показывают наиболее эффективное значение $\beta=60^\circ$ для января, февраля, ноября, декабря; $\beta=30^\circ$ с апреля по сентябрь; $\beta=45^\circ$ - март, октябрь [3,11-18].

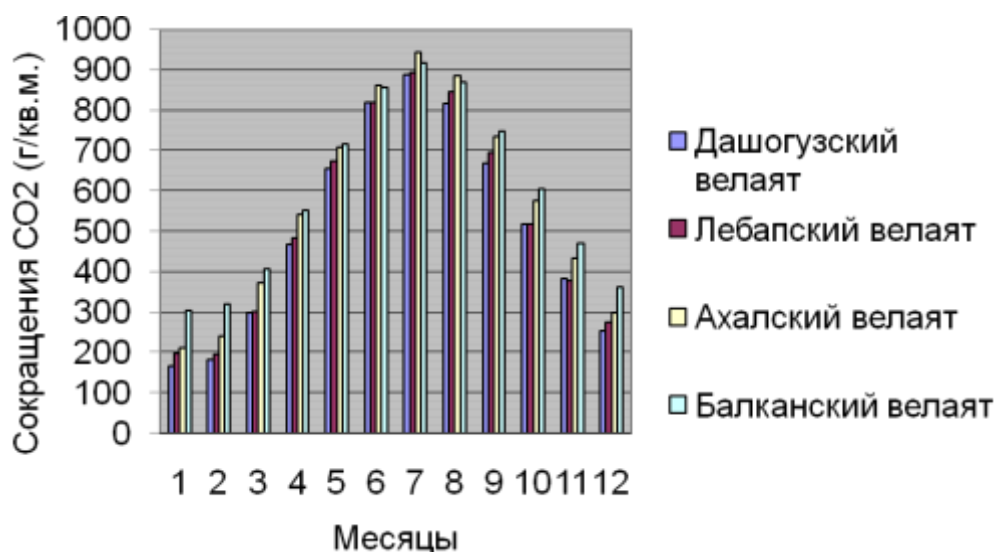


Рис. 3. Экологический потенциал солнечного фотопреобразователя по велоятам (областям) Туркменистана сокращения CO₂ с 1 квадратного метра по месяцам года.

Название установ	Технические показатели	Экономические показатели	Экологические показатели
Телиосушки	Для дачи – 80 м³ объем, удельная производительность по сухой продукции 0,8 – 1,0 кг/м² сушеной дачи за сутки.	Использование телиосушки для переработки сельскохозяйственной продукции позволит сэкономить за 20 лет 540 т у.т., ориентировочная стоимость – 7000\$ США, срок окупаемости 2–4 года; для кишлака соответственно – 4200 м³, 0,3 кг/м², 3000 \$, 3–4 года.	Использование телиосушки для переработки сельскохозяйственной продукции позволит сэкономить за 20 лет 540 млн. т у.т., уменьшит выбросы CO ₂ на 1310,7 Тг.
Телиоводонагреватели	В среднем на одного сельского жителя требуется 0,55 кВт в год, с помощью солнечного коллектора можно получить 85 л горячей воды температурой 60–65 °С.	Использование солнечной энергии для нагрева воды позволит сэкономить за год с 1 м² водонагревательной установки 0,15 т у.т., за летний световой день при плотности солнечной радиации 1100 Вт/м². 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 м² водонагревательной установки 0,15 т у.т., уменьшит выбросы CO ₂ на 0,364 Мг.
Телио-опреснители	Годовая производительность с 1 м² установкой при средней глубине заполнения 0,16 м, с предельной концентрацией соли 0,158 кг/л составляет 1,2 м³/год.	Расход теплоты на опреснение 1 м³ морской воды составляет 2512 МДж (0,60 Гкал).	Расход теплоты на опреснение 1 м³ морской воды составляет 2512 МДж (0,60 Гкал), или сокращение выбросов CO ₂ на 0,146 Мг.
Телиоустановка биог	Объем выделяющегося газа составляет 340 л/м² сухого вещества, характеристики выделенного газа: 60–70% метана, 20–40% углекислого газа, 1–3% серной кислоты, примерно по 1% на водород, кислород, сульфид водорода, азота и оксид углерода.	Внедрение новых технологий для получения биог	Внедрение новых технологий для получения биог
Телиоустановка для выращивания микроорганизмов	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 м³ кондиционной биомассы в телиоустановке 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.

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 территория Туркменистана. Которая достаточно велика и расположена между 35° 0' и 42° 48' северной широты и 52° 27' и 66° 41' восточной долготы. Протяженность с запада на восток – 1100 км, с юга на север – 650 км. Площадь государства – 491,2 тыс. кв. км., естественно, что солнечный радиационный

Таблица 1. Эколого-

экономические потенциалы от использования солнечных установок в Туркменистане

режим в велаятах (областях) отличается, поэтому мы исследовали четыре велаята: северный – Дашогузский; восточный – Лебапский; центральный – Ахалский; западный – Балканский [5,10-19].

Наименование установки	Эквивалент кВт час	SO ₂ (т/год)	NO _x (т/год)	CO (т/год)	CH ₄ (т/год)	CO ₂ (т/год)	Твердые вещества
Биогаз установка 26 Мдж	7,22	6,07E-05	3,23E-05	4,19E-06	8,81E-06	0,0046	6,29E-06
Гелиокомплекс 1,8 т у.т.	2094,94	0,0174	0,0093	0,0012	0,0025	1,3397	0,0018
Безотходный гелиобиотехнологический комплекс 584,1 МДж	162,24	0,0013	0,0007	9,43E-05	0,0002	0,1037	0,0001
Гелиустановка выкашивания хлореллы 30 тыс. т у.т.	34915713,3	290,29	156,31	20,31	42,63	22329,82	30,45
Гелиосушки 540 млн. т у.т	628482857,1	5225,18	2813,56	365,39	767,33	401936,7	548,09
Гелиоопреснители 2512 МДж	697,76	0,0058	0,0031	0,00040	0,00085	0,446	0,00061

Таблица 2. Экологические потенциал солнечно-энергетических установок в Туркменистане.

Преобразование солнечной энергии с помощью фотопреобразователей зависит от валового, технического потенциала солнечной радиации.

Метеорологические данные обработаны по выше приведенной формуле. Мы условно перемещаем фотопреобразователь (ФЭП) по регионам страны и получаем прогнозную среднюю мощность ФЭП (Вт/м²) с 1 м² по месяцам года. Проводим обработку метеорологических данных на ЭВМ, разлагая их в ряды Фурье, и получаем эмпирическую формулу радиационных режимов по регионам страны.

Обработав многолетние данные по солнечной радиации, получили выражение средней солнечной радиации (I) в течение года (τ) в виде рядов Фурье.

Для северного Дашогузского велаята (области):

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

Для восточного Лебапского велаята (области):

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

Для центрального Ахалского велаята (области):

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

Для западного Балканского велаята (области):

$$I = 542,57 + 276,8 \cos (0,26 \tau - 0,066) + 15,9 \cos (0,52 \tau + 0,586) +$$

$$2,9 \cos (0,78 \tau - 0,08) \quad (4).$$

Используя технический потенциал солнечной энергии для фотопреобразователей с КПД 10-12% (мы взяли среднее 11%), то выражения (1-4) получают вид:

Для северного Дашогузского велаята:

$$I = 51.28 + 34.96 \cos (0.26 \tau - 0.058) + 2.64 \cos (0.52 \tau + 1.0) + 1.23 \cos (0.78 \tau - 0.244) \quad (5);$$

Для восточного Лебапского велаята:

$$I = 52.59 + 34.92 \cos (0.26 \tau + 0.059) + 2.61 \cos (0.52 \tau + 0.691) + 1.23 \cos (0.78 \tau - 1.46) \quad (6);$$

Для центрального Ахалского велаята:

$$I = 57.1 + 35.23 \cos (0.26 \tau + 0.05) + 1.29 \cos (0.52 \tau + 0.938) + 1.7 \cos (0.78 \tau + 0.402) \quad (7);$$

Для южного Балканского велаята;

$$I = 59.66 + 30.45 \cos (0.26 \tau - 0.066) + 1.7 \cos (0.52 \tau + 0.586) + 0.32 \cos (0.78 \tau - 0.08) \quad (8);$$

В итоге получены эмпирические формулы с учетом валового, технического и экологического потенциалов солнечной энергии по регионам Туркменистана, с помощью которых можно математически описать энергетическое и экологическое прогнозирование. Это может дать прогноз по велаятам Туркменистана о возможности экономии электроэнергии и сокращения выбросов CO_2 с одного квадратного метра в г CO_2 – экв. при преобразовании солнечной энергии в электрическую, а также рассчитать энергетический потенциал гелиотехнических установок, оборудования, сооружений в условиях Туркменистана продаж квот приведены таблицы 2, 3 [9-18].

Заключения. Из рассмотренного аналитического обзора, теоретических, методических и практических расчетных базы данных для ГИС технологий по использования солнечной энергии в Туркменистане можно сделать следующие **выводы**:

1. На основании теоретических исследований и методических расчетов солнечно – энергетических ресурсов с учетом интенсивности солнечного излучения, альбедо, географических, климатических и неблагоприятных погодных условий получены энергетические потенциалы на 1 квадратный метр Юго-Восточной территории Туркменистана составляет: валовый потенциал - 1895,9 кВт ч/ м² год; технический потенциал преобразования в тепловую энергию - 1296,8 кВт ч/ м² год, в электрическую энергию - 248,5 кВт ч/ м² год.

2. Экологический потенциал солнечно-энергетических установок в Туркменистане представлены в таблице 2. Ожидаемый экологический потенциал сокращения выбросов различных вредных веществ в окружающую среду в Юго-восточной территории Туркменистана при использовании солнечной фотоэлектрической станции составит : при годовой выработке с 1 кв. м 248,5 кВт ч/год, экономия расхода топлива 99,4 кг у.т./год, сокращение выбросов: диоксид серы SO_2 – 2,06; оксид азота NO_x – 1,11; оксид углерода CO – 0,144; метан CH_4 – 0,303; двуокись углерода CO_2 – 0,158; твердых веществ - 0,216 кг/год; от преобразовании тепловой энергии – 1296,8 кВт ч/год, экономия расхода топлива 518,7 кг у.т./год, сокращение выбросов SO_2 – 10,78; NO_x – 5,8; CO – 0,754; CH_4 – 1,58; CO_2 – 829,34; твердых веществ – 1,13 кг/год. На основании теоретических и исследований работ исполь-

зования солнечно-энергетических установок можно составить проектные предложения для экобизнеса продажи квот углеродному фонду Всемирного банка.

3. На основании математических преобразований получены эмпирические формулы с учетом валового, технического, экологического потенциалов солнечной энергии по регионам Туркменистана, с помощью которых можно прогнозировать энергетический, экономические и экологические потенциалы гелиотехнических установок, оборудования, сооружения для составления ГИС технологических базы данных областей Туркменистана.

4. Учитывая результаты выше изложенных расчетов потенциалов солнечно - энергетических ресурсов в Туркменистане, позволит решать энергетические и социально-экономические проблемы регионов, удаленных от централизованных энергосистем, поселков, населенных пунктов, объектов дайханских и пастбищных хозяйств, формально находящихся в зонах централизованного энергоснабжения, но экономически труднодоступных местностях. Другим существенным фактором использования солнечных энергетических ресурсов даст возможность сохранения экологической безопасности, и составить ГИС технологическую карту для улучшения экосистему региона.

Литература:

1. Бердымухамедов Г.М. Государственное регулирование социально-экономического развития Туркменистана. Том 1. А.: Туркменская государственная издательская служба, 2010.
2. Бабаев А.Г. и др. Физическая география Туркменистана. Учебное пособие А.: Туркменская государственная издательская служба, 2014.
3. Виссарионов В.И., Дерюгина Г.В., Кузнецова В.А., Малинин Н.К. Солнечная энергетика. М: МЭИ, 2008. - 276 с.
4. Дьяченко Н.В. Использование ГИС-технологий
<http://homepage.buryatia.ru/rmeic/gis.htm>
5. Марчук Г.И. Математическое моделирование в проблемах окружающей среды. -М., Наука, 1982, -320 с.
6. Лозановская И.Н., Орлов Д.С., Садовникова Л.К. Экология и охрана биосферы при химическом загрязнении. Москва, 1998.
7. Нефедова Л.В. Структура базы данных по малой гидроэнергетике в рамках разработки ГИС «Возобновляемые источники энергии России» Труды 6-й межд. н/т конф. «Энергообеспечение и энергосбережение в сельском хозяйстве». Часть 4. М.: ГНУ ВИЭСХ, 2008. С. 314-322.
8. Новаковский Б. А., Прасолова А. И., Киселева С. В., Рафикова Ю. Ю. Геоинформационные системы по возобновляемой энергетике Труды 6-й межд. н/т конф. «Энергообеспечение и энергосбережение в сельском хозяйстве». Часть 4. М.: ГНУ ВИЭСХ, 2008. С. 314-322.
9. Пенджи́ев А.М. Геоинформационная технология использования возвратных вод Туркменского озера «Алтын асыр» // Альтернативная энергетика и экология – ISJAEЕ. 2014. № 13. С 129–150.
10. Пенжи́ев А.М. Изменение климата и возможности уменьшения антропогенных нагрузок. Монография. LAMBERT Academic Publishing, 2012

11. Пенджиев А.М. Экологические проблемы освоения пустынь. Монография, Издатель: LAP LAMBERT Academic Publishing 2014, - 226 с. ISBN: 978-3-8433-9325-6
12. Пенджиев А.М. Ожидаемая эколого-экономическая эффективность использования фотоэлектрической станции в пустынной зоне Туркменистана // Альтернативная энергетика и экология – ISJAEЕ. 2007. № 5. С. 135–137.
13. Пенджиев А.М. Экоэнергетические ресурсы солнечной энергии в странах содружества независимых государств// Альтернативная энергетика и экология – ISJAEЕ. 2013. № 5. С. 13-30.
14. Пенджиев А.М.. Возобновляемая энергетика и экология (обобщение статей)//Международный научный журнал «Альтернативная энергетика и экология» № 08 (148) 2014. С. 45-78
15. Пенджиев А.М. Механизм чистого развития: приоритеты энергоэффективности в Туркменистане. // Международный научный журнал «Альтернативная энергетика и экология» № 10 (78) 2009, с142-148
16. Пенджиев А.М. Перспективы альтернативной энергетики и ее экологический потенциал в Туркменистане. //Международный научный журнал «Альтернативная энергетика и экология» № 9 (77) 2009. С.131-139
17. Пенджиев А.М. План действия и стратегия внедрения в возобновляемую энергетику // Международный научный журнал «Альтернативная энергетика и экология» № 16 (138) 2013. С.39-60
18. Стребков Д.С., Пенджиев А.М., Мамедсахатов Б.Д. Развитие солнечной энергетики в Туркменистане. Монография. М.: ГНУ ВИЭСХ, 2012.
19. Федоров М.П., Романов М.Ф. Математические основы экологии. - СПб.: Издательство СПбГТУ, 1999. -156 с.
20. [http: // www.gis.su](http://www.gis.su)

— ● —



Pendzhiev A.M. Osnovnye geoinformacionnye sistemy v razvitii solnechnoj jenergetiki Turkmenistana / A. M. Pendzhiev // Nauka. Mysl'. - № 12. – 2015.

© А. М. Пенджиев, 2015.
© «Наука. Мысль», 2015.

— ● —

Abstract. In article it is considered the geoinformation systems (GIS) and creation of geoinformation technologies (GIT) which on the basis of the available geographically adhered information allow to analyze operatively and in detail the various alternative variants for carrying out an estimation of consequences of variants of designing of installations, in this or that area of solar power with the purposes of maintenance of a sustainable development of region. Basically it relate to power objects and the systems using solar power sources, with their both high spatial and time non-uniformity and variability. According to the standing problems defining the necessary

settlement parametres, there are requirements to initial physical and geographical, natural and climatic, metrological information of energy ecopotential which is necessary for creation of GIS database. Estimations of solar power resources and its distribution on territory are complicated by limitation of energy potential volume on time and in space. By means of GIS it is possible to solve power, economic, ecological, social questions and possibilities of softening of change of a climate on the basis of solar power installations, and their resources, ecological benefits, the purposes and problems on scientifically-methodical bases in the field of solar power for realization of government programs of Turkmenistan of power supply of region. On the basis of GIS technologies the database is made, empirical formulas of solar power resources and ecological potentials on areas of Turkmenistan are deduced.

Keywords: renewed power, solar power, geoinformation systems, technological potential, gross potential, technical potential, economic potential, ecological potential, ecopower, ecology, ecobusiness, Turkmenistan.

— ● —

Сведения об авторе

Ахмет Мырадович **Пенджиев**, кандидат технических, *доктор сельскохозяйственных наук, академик МАНЭБ, доцент Туркменский государственный архитектурно-строительный институт.*

— ● —

Подписано в печать 30.12.2015.
© Наука. Мысль, 2015.