

# ГЕОИНФОРМАЦИОННЫЕ СИСТЕМЫ GEOINFORMATION SYSTEMS

УДК 004.6; 528; 004.8; 621.383; 621.472

**А. М. Пенджиев**, д-р сел.-хоз. наук, доц., e-mail: ampenjiev@rambler.ru,  
Туркменский государственный архитектурно-строительный институт, Ашхабад,  
**М. А. Пенжиев**, инженер,  
"Ашпроект"

## Геоинформационные системы в солнечной энергетике Туркменистана

*Рассматривается использование геоинформационной системы, позволяющей оперативно и подробно анализировать информацию различных альтернативных энергетических вариантов. Оценивается возможность использования солнечных энергетических ресурсов, создания базы данных в области энергообеспечения в труднодоступных отдаленных населенных пунктах, а также рассмотрен маркетинг экологического бизнеса по продаже квот. Составлена карта солнечных энергетических ресурсов для ГИС и обоснованы энергетические, экономические, экологические потенциалы различных солнечных энергетических установок.*

**Ключевые слова:** возобновляемая энергетика, солнечная энергетика, геоинформационные системы, технологии, энергоэффективность, экология, экобизнес, Туркменистан

### Введение

Выступая на состоявшемся Форуме Энергетической Хартии "Надежный и стабильный транзит энергоносителей" 9 декабря 2014 г. Президент Гурбангулы Бердымухамедов указал на объективные тенденции в геэкономике, когда диверсификация и наличие альтернативных маршрутов поставок выступают решающим условием глобальной энергетической безопасности, устойчивости всей системы мирохозяйственных связей, гарантий отсутствия односторонности и структурных деформаций. В этом, на наш взгляд, заключена сама суть устойчивой энергетики.

При этом в Туркменистане особая роль отводится 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 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 во всем мире, в них ставятся

множество технологических и технических задач, а также выявляются 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 вышеизложенного основной составляющей ГИС являются развитие возобновляемой энергетики в решении энергетических, экономических, экологических, социальных задач и возможность снижения антропогенных нагрузок на биосферу смягчения изменения климата на основе возобновляемых энергетических ресурсов и технологий [4, 7—9, 20].

Целью и задачей статьи являются разработка ГИС, 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.

Предложены принципы построения новой ГИС-технологии и создана основа для решения задач комплексной оценки возобновляемых энергозатрат потенциал Туркменистана, которая имеет территориальную привязку. Впервые с применением геоинформационных технологий построена энергетическая карта потенциала и рассчитана техническая доступность солнечных энергетических ресурсов для энергообеспечения на территории Туркменистана.

### **Геоинформационные системы в области возобновляемой энергетики**

ГИС — это интегрированные в единой информационной среде электронные пространственно ориентированные изображения (карты, схемы, планы и т. п.) и базы данных (БД). В качестве БД можно использовать 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 ГИС-технологий.** Энергетические компании широко используют ГИС 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 и энергетической сетей, оптимального размещения объектов здравоохранения, противопожарных отрядов и сил правопорядка и т. д. [4, 7—11, 20].

В данной работе основной упор сделан на создание ГИС в области энергообеспечения отдаленных районов, для графического построения карт и получения информации о сельских жителях, различных животноводческих объектах, об экономических, экологических и социальных проблемах и т. д.

Отмеченные на карте области во многих случаях гораздо нагляднее отражают требуемую информацию, чем десятки страниц отчетов с таблицами.

Использование ВИЭ 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, удаленных от централизованных энергосистем, а также маркетинга, менеджмента экологического бизнеса по продаже квот.

### **Особенности возобновляемых источников энергии.**

Возобновляемая энергетика характеризуется многогранностью, разнообразием характеризующих ее критериев и составляющих. В перечне задач, возникающих при осуществлении проектов по возобновляемой энергетике (ВЭ) (помимо технологических и технических), особо выделяется проблема оценки возможности и энергоэффективности использования ВИЭ для энергоэкологообеспечения регионов [3, 7—11, 18].

Очевидно, что при этом, с одной стороны, необходимы обширные массивы информации, охватывающие 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 пр.). 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 пользователи интересуют комплексные оценки по различным видам источников энергии. В конкретных регионах наиболее эффективным может стать либо использование гибридных энергоустановок, либо создание нескольких установок (станций) на различных типах энергии. В связи с комплексностью указанных проблем, а также известной "региональностью" возобновляемой энергетике, 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 энергетике. Рассмотренные в ходе исследования зарубежных авторов по геоинформационным ресурсам по возобновляемой энергетике ГИС можно подразделить по охвату территории на:

- ✓ локальные (Атлас возобновляемой энергетики Вермонта);

- ✓ региональные (региональная ГИС, разработанная на основе ArcGIS 9.3.1);
- ✓ национальные (созданная в Национальной лаборатории ВИЭ США (NREL USA) Renewable resources map and data [3, 8];
- ✓ глобальные (3 TIER 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 [3, 8].

Существующий продукт, предлагаемый компанией, характеризуется: наличием постоянно обновляемой базы данных; 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 использования ГИС в области возобновляемой энергетики сделаны учеными из МГУ Нефедовой Л. Б., Новаковским Б. А., Правосоловой А. И., Киселевой С. В., Рафиковой Ю. Ю. и др. [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 ГИС на основе ВИЭ и экологические потенциалы практически не изучены [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], собранные различные характеристики баз данных в теоретическом, эмпирическом и практическом плане найдут свое применение в разработке ГИС [4, 10—19].

По типу информации и используемой для оценки целесообразности и выгоды использования солнечной энергетики можно выделить следующие направления:

- ✓ 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 др.);

- ✓ технические характеристики потенциала солнечной установки (для расчетов предполагаемой выработки электрической и тепловой энергии);
- ✓ экономический потенциал (цены на энергию от традиционных и нетрадиционных источников в целях сравнения их выгоды, экономии органического топлива);
- ✓ энергетические балансы региона (предприятия, производящие энергоустановки на основе солнечной энергии, инвестиции в данную область, налоговые льготы на использование солнечной станции или установки; зарплаты работников объектов и т. д.);
- ✓ социальные предпосылки (занятость населения и потенциальные рабочие места при строительстве 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 (снижение вредных выбросов при использовании солнечной энергетической станции, снижение загрязнения окружающей среды, создание экобизнеса для продажи квоты и т. д.) [8—11, 15].

Исходя из 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, расположенное 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. Огромную территорию около 80 % занимает пустыня Каракумы и горы Копетдаг [1—2, 10, 11, 18].

Туркменистан обладает высоким энергетическим потенциалом. Строительство 1 км линий электропередач (ЛЭП) обходится государству в 18...25 тыс. долл. США, что экономически нецелесообразно, поэтому одним из перспективных направлений обеспечения энергией отдаленных населенных пунктов страны является использование ВИЭ.

По изученным данным на территории Туркменистана энергетический потенциал солнечной энергетики огромен и составляет:  $4 \cdot 10^{15}$  кДж или  $1,4 \cdot 10^9$  т условного топлива (т у.т.) в год.

Создание современной инфраструктуры на основе инновационных технологий и повышение роста сельскохозяйственного производства в пустынной зоне является одним из приоритетных направлений социально-экономического развития Туркменистана на долгосрочную перспективу [1].

## Основные этапы создания ГИС карты солнечного потенциала Туркменистана

**Характеристика солнечных энергоресурсов.** Годовой приход прямой солнечной радиации на горизонтальную поверхность при ясном небе составляет 146...154 ккал/см<sup>2</sup>, или 1699,4...1793 кВт/м<sup>2</sup>, годовые суммы рассеянной радиации при безоблачном небе составляют 32...39 ккал/см<sup>2</sup>, или 372,3...453,9 кВт/м<sup>2</sup>. 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/см<sup>2</sup> или 1687,7...1897,2 кВт/м<sup>2</sup> [9—18].

Для создания основы ГИС-карты солнечного энергетического потенциала проделан целый ряд научно-исследовательских работ [4, 7—9, 10]:

- математические операции и расчеты солнечного потенциала;
- распределение солнечной радиации по регионам страны;
- временные зависимости по сезонам года;
- распределение удельной мощности интенсивности радиационного потока на территории Туркменистана;
- расчет коэффициента полезного действия различных солнечных электрических установок в зависимости от назначения.

При принятии решений использования ГИС и ГИС-технологий на основе ВИЭ и составлении проектно-сметной документации необходимо технико-экономическое обоснование.

Обоснование базы данных и принятие решения о строительстве энергетических объектов на основе ВИЭ на территории регионов Туркменистана разделили на три этапа:

- 1 — средняя оценка ресурсообеспеченности региона;
  - 2 — выделение перспективных площадей региона;
  - 3 — выбор конкретного участка зоны (в рамках перспективных площадей) с учетом требований к энергетическому объекту (в данном случае пустыню Каракумы).
- Применение геоинформационных технологий необходимо и эффективно на втором этапе [7—10, 12, 21].

**Солнечные энергетические потенциалы.** *Валовый потенциал солнечной энергии* — это средняя многолетняя суммарная солнечная энергия, поступающая на площадь региона в течение одного года.

Суммарное поступление солнечной энергии на единицу горизонтальной поверхности в год за 10 ч в сутки (7...17 ч), оказывается

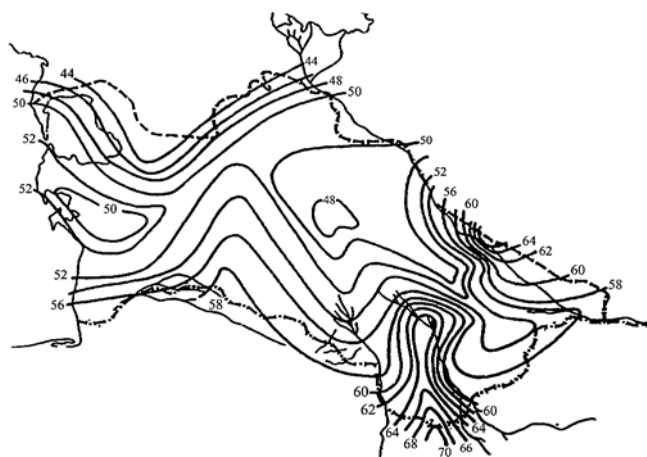


Рис. 1. Солнечный энергетический радиационный баланс Туркменистана (ккал/см<sup>2</sup> в год)

равным 1895,9 кВт·ч/(м<sup>2</sup>·год), валовый потенциал Юго-восточных Каракум равен 1895,9 кВт·ч/год, Центральных Каракум — 1844,6 кВт·ч/(м<sup>2</sup>·год) [4—10]. На рис. 1 представлены обработанная карта солнечной энергетической радиации для базы данных ГИС Туркменистана [7—11, 17—20].

*Технический потенциал солнечной энергии* — это сумма потенциалов тепловой энергии и электрической энергии, получаемых соответствующим преобразованием солнечного излучения. Расчет технического потенциала тепловой энергии, электроэнергии проводится по соответствующим формулам, он равен, соответственно, 1256,44 и 242,43 кВт·ч/(м<sup>2</sup>·год). Распределения валового и технического потенциалов солнечной энергии от преобразования в тепловую и электрическую энергию в Каракумах по месяцам на 1 м<sup>2</sup> приведены на рис. 2 [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

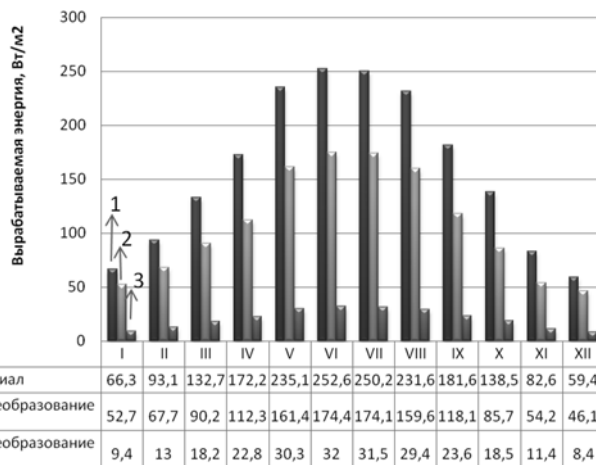


Рис. 2. Распределения валового и технического потенциалов солнечной энергии от преобразования в тепловую и электрическую энергию в Каракумах по месяцам на 1 м<sup>2</sup>

**Экологический потенциал солнечно-энергетических установок в Туркменистане**

Наименование установки	Эквивалент, кВт/ч	SO <sub>2</sub> , т/год	NO <sub>x</sub> , т/год	CO, т/год	CH <sub>4</sub> , т/год	CO <sub>2</sub> , 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
Гелиоустановка выкашивания хлореллы (30 тыс. т у.т.)	34 915 713,3	290,29	156,31	20,31	42,63	22 329,82	30,45
Гелиосушилки (540 млн т у.т.)	628 482 857,1	5225,18	2813,56	365,39	767,33	401 936,7	548,09
Гелиоопреснители (2512 МДж)	697,76	0,0058	0,0031	0,00040	0,00085	0,446	0,00061

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 [3, 9–18].

Экономический потенциал тепловой энергии равен 1378,102 кВт · ч/(м<sup>2</sup> · год). Экономический эффект от преобразования солнечного излучения в тепловую, электрическую энергию положителен и соответственно равен 588,56 кВт · ч/год при КПД 0,5; 248,5 кВт · ч/(м<sup>2</sup> · год) при КПД 14 % [3, 9–18].

**Экологический потенциал от преобразования солнечной энергии.** Экологический потенциал ВИЭ — часть технического потенциала, преобразование которого в полезную энергию целесообразно при данном уровне сокращения вредных выбросов в окружающую среду от ископаемого, органического топлива [6, 11–16].

Экологический потенциал солнечной энергии характеризует сумму экономических потенциалов тепловой 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 м<sup>2</sup> 242,44 кВт · ч/год экономия расхода топлива составит 96,98 кг у. т./год, сокращение выбросов (кг/год) диоксида серы SO<sub>2</sub> — 2,01; оксида азота NO<sub>x</sub> — 1,08; оксида углерода CO —

0,1401; метана CH<sub>4</sub> — 0,296; двуокиси углерода CO<sub>2</sub> — 155,08; твердых веществ — 0,211175; от преобразования в тепловую энергию 1256,44 кВт · ч/год экономия расхода топлива составит 502,60 кг у. т./год, сокращение выбросов (кг/год) SO<sub>2</sub> — 10,44; NO<sub>x</sub> — 5,624; CO — 0,726; CH<sub>4</sub> — 1,53; CO<sub>2</sub> — 803,68; твердых веществ — 1,094 [11–18].

При составлении ГИС-карты влияние вводимых источников энергии на экологию региона может быть учтено введением в удельную стоимость получаемой энергии относительных расходов на компенсацию вредных последствий ввода единицы энергии того или иного источника в регионе.

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 коэффициента регионального экологического фактора в механизм чистого развития Киотского протокола Маракешского соглашения экологического бизнеса продажи квотами [10–18].

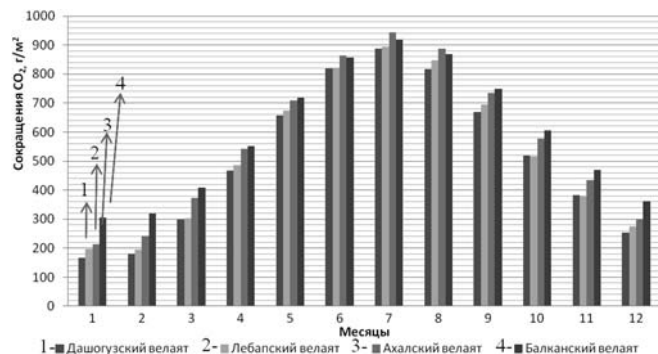
На рис. 3 представлены результаты расчетов экологического потенциала солнечного фотоэлектрического преобразователя по велоятам (областям) Туркменистана сокращения CO<sub>2</sub> с 1 м<sup>2</sup> по месяцам года. В таблице приведены экологический потенциал солнечно-энергетических установок в Туркменистане для создания ГИС и ГИС-технологии на основе солнечных энергетических установок.

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

**Определение оптимального угла наклона солнечных приемников в Туркменистане.** Расчеты показывают, что наиболее эффективное значение имеет угол наклона 60° в январе, феврале, ноябре, декабре; угол 30° с апреля по сентябрь; угол 45° — март, октябрь [3, 11–18].

**Эмпирические солнечно-энергетические ресурсы Туркменистана**

Продлав обработку метеорологических данных и ряд математических преобразований и разлагая результаты преобразования в ряды Фурье, нашли эмпирическую формулу радиационных режимов по регионам страны.



**Рис. 3.** Экологический потенциал солнечного фотопреобразователя по велоятам (областям) Туркменистана сокращения CO<sub>2</sub> с 1 м<sup>2</sup> по месяцам года

В итоге получили выражение средней солнечной энергии ( $I$ ) в течение года ( $\tau$ ) в виде рядов Фурье.

Для северного Дашогузского вейаята (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 вейаята (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 вейаята (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 вейаята (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 фотоэлектрического преобразования с КПД 10...12 % (мы взяли в среднем 11 %), получим выражения (1)—(4) в следующем виде.

Для северного Дашогузского вейаята:

$$I = 51,28 + 34,96\cos(0,26\tau - 0,058) + 2,64\cos(0,52\tau + 1,0) + 1,23\cos(0,78\tau - 0,244). \quad (5)$$

Для восточного Лебапского вейаята:

$$I = 52,59 + 34,92\cos(0,26\tau + 0,059) + 2,61\cos(0,52\tau + 0,691) + 1,23\cos(0,78\tau - 1,46). \quad (6)$$

Для центрального Ахалского вейаята:

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

Для южного Балканского вейаята:

$$I = 59,66 + 30,45\cos(0,265 - 0,066) + 1,7\cos(0,52\tau + 0,586) + 0,32\cos(0,78\tau - 0,08). \quad (8)$$

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 ГИС. Эти результаты могут дать прогноз по вейаятам Туркменистана о возможности экономии электроэнергии и сокращения выбросов  $\text{CO}_2$  с  $1 \text{ м}^2$  при преобразовании солнечной энергии в электрическую, а также рассчитать энергетический потенциал гелиотехнических установок, оборудования, сооружений [9—18].

### Заключение

Из рассмотренного обзора можно сделать следующие выводы.

1. На основании теоретических исследований и методических расчетов солнечно-энергетических ресурсов с учетом интенсивности солнечного излучения, альбедо, географических, климати-

ческих и неблагоприятных погодных условий получены энергетические потенциалы на  $1 \text{ м}^2$  Юго-восточных Каракум: валовый потенциал —  $1895,9 \text{ кВт} \cdot \text{ч}/(\text{м}^2 \cdot \text{год})$ ; технический потенциал преобразования в тепловую энергию —  $1296,8 \text{ кВт} \cdot \text{ч}/(\text{м}^2 \cdot \text{год})$ , в электрическую энергию —  $248,5 \text{ кВт} \cdot \text{ч}/(\text{м}^2 \cdot \text{год})$ .

2. Экологический потенциал солнечно-энергетических установок в Туркменистане представлен в таблице. На основании теоретических и исследовательских работ по использованию 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, экономический и экологический потенциалы гелиотехнических установок, оборудования, сооружений для составления технологических баз ГИС данных областей Туркменистана.

4. Учитывая результаты изложенных расчетов потенциалов солнечно-энергетических ресурсов в Туркменистане, можно 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 является возможность сохранения экологической безопасности и улучшение экосистемы региона.

### Список литературы

1. Бердымухамедов Г. М. Государственное регулирование социально-экономического развития Туркменистана. Т. 1. Ашхабад: Туркменская государственная издательская служба, 2010.
2. Бабаев А. Г., Курбанов О. Р. Физическая география Туркменистана: учеб. пособие. Ашхабад: 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. URL: <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. М.: Наука, 1998.
7. Нефедова Л. В. Структура базы данных по малой гидроэнергетике в рамках разработки ГИС "Возобновляемые источники энергии России" // Труды 6-й меж. науч.-техн. конф. "Энергообеспечение и энергосбережение в сельском хозяйстве". Ч. 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 меж. науч.-техн. конф. "Энергообеспечение и энергосбережение в сельском хозяйстве". Ч. 4. М.: ГНУ ВИЭСХ, 2008. С. 314—322.

9. Пенджиев А. М. Геоинформационная технология использования возвратных вод Туркменского озера "Алтын асыр" // Альтернативная энергетика и экология — ISJAEЕ. 2014. № 13. С. 129—150.

10. Пенджиев А. М. Изменение климата и возможности уменьшения антропогенных нагрузок. Международное изд-во: LAMBERT Academic Publishing, Deutschland / Германия, 2012. 168 с.

11. Пенджиев А. М. Экологические проблемы освоения пустынь. Международное изд-во LAMBERT Academic Publishing, Deutschland / Германия, 2014. 226 с.

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". 2014. № 08 (148). С. 45—78.

15. Пенджиев А. М. Механизм чистого развития: приоритеты энергоэффективности в Туркменистане // Международный научный журнал "Альтернативная энергетика и экология". 2009. № 10 (78). С. 142—148.

16. Пенджиев А. М. Перспективы альтернативной энергетики и ее экологический потенциал в Туркменистане // Международный научный журнал "Альтернативная энергетика и экология". 2009. № 9 (77). С. 131—139.

17. Пенджиев А. М. План действия и стратегия внедрения в возобновляемую энергетику // Международный научный журнал "Альтернативная энергетика и экология". 2013. № 16 (138). С. 39—60.

18. Стребков Д. С., Пенджиев А. М., Мамедсахатов Б. Д. Развитие солнечной энергетики в Туркменистане. М.: ГНУ ВИЭСХ, 2012. 498 с.

19. Федоров М. П., Романов М. Ф. Математические основы экологии. СПб.: Изд-во СПбГТУ, 1999. 156 с.

20. URL: <http://www.gis.u>

**A. M. Penjiyev**, Doctor of Agricultural Sciences, Associate Professor,

Turkmen state architecturally-building institute, Turkmenistan, Ashkhabad, e-mail: [ampenjiyev@rambler.ru](mailto:ampenjiyev@rambler.ru),

**M. A. Penjiyev**, Engineer, "Ashproekt"

## Geoinformation Systems in Solar Power of Turkmenistan

*In article bases of use of geoinformation system and technology which will allow operatively and to analyze in detail available the geographical adhered information of various alternative power variants are put in pawn. Will estimate possibilities of use of solar power resource; to create a database in the field of power supply in difficultly accessible remote settlements of the country, and also marketing of ecological business on sale of quotas. By means of theoretical calculations the empirical equations are deduced, the card of solar power resources for GIS is made and power, economic, ecological potentials various solar power stations for realisation of government programs of Turkmenistan on the basis of renewed sources of power are proved.*

**Keywords:** renewed power, solar power, geoinformation systems, technologies, power efficiency, ecology, ecological business, Turkmenistan

### References

1. Berdymuhamedov G. M. *Gosudarstvennoe regulirovanie sotsialno-ekonomicheskogo razvitiya Turkmenistana*. Ashabad: Turkmen-skaya gosudarstvennaya slujba, 2010, vol. 1.

2. Babaev A. G., Kurbanov O. R. *Fizicheskaya geografiya: ucheb. posobie*. Ashabad: Turkmen-skaya gosudarstvennaya slujba, 2010.

3. Vissarionov V. I., Derugina G. V., Kuznisova V. A., Malinin N. K. *Solnechnaya energetika*. Moscow: MEI, 2008. 276 p.

4. Dyachenko N. V. *Ispolzovanie GIS-tehnologi*, URL: <http://homepage.buryatia.ru/rmeic/gis.htm>

5. Marcuk G. I. *Matematicheskoe modolirovaniya w problemah okrujayushhey sredy*, Moscow: Nauka 1982, 320 p.

6. Lozanowskaya I. N., Orlov D. S., Sadownikowa L. K. *Ekologiya i ohrana biosfery pri himicheskoy zagryaznenii*, Moscow: Nauka, 1998.

7. Nefedowa L. W. Структура базы данных по малой гидроэнергетике в рамках разработки GIS. *Wozobnowlyaemye istocniki energii Rossi*. Tr. 6-y mezd. nauch.-then. konf. Energoobespecenie i energosberejenie v selskom hozyastwe. Ch. 4 Moscow: GNU WIESH, 2008, pp. 314—322.

8. Nowakowskij B. A., Prasolowa A. I., Kiselewa S. B., Rafikowa Yu. Yu. *Geoinformacionnye sistemy po wozobnowlyaemoy energetiki*. Tr. 6-y mezd. nauch.-then. konf. Energoobespecenie i energosberejenie v selskom hozyastwe. Ch. 4. Moscow: GNU WIESH, 2008, pp. 323—329.

9. Penjiyev A. M. Геоинформационная технология использования возвратных вод Туркменского озера Алтын асыр. *Альтернативная энергетика и экология* — ISJAEЕ, 2014, no. 13, pp. 120—150.

10. Penjiyev A. M. *Izmeneniye klimata i wozmoznasty umenyshe-niya antropogennyh nagruzok*. Mejdunarodoe Izd-vo. LAMBERT Academic Publishing, Deutschland, 2012, 168 p.

11. Penjiyev A. M. *Ekologiceskie problem oswoeniya pustyn*, Mejdunarodoe Izd-vo, LAMBERT Academic Publishing, Deutschland / Germaniya, 2014, 226 p.

12. Penjiyev A. M. *Ekoenergeticeskie resursy solnechnoi energy w stranah sodrujestwo nezawizimah gosudarstw*, *Mejdunarodnyi nauchny jurnal "Alternativnaya energetika i ekologiya"* — ISJAEЕ, 2013, no. 5, pp. 13—30.

13. Penjiyev A. M. *Ojidaemyi ekologo-ekonimecheskaya effektivnost ispolzovaniya fotoelektricheskoi stansi w pustynii zone Turkmenistana*, *Mejdunarodnyi nauchny jurnal "Alternativnaya energetika i ekologiya"* — ISJAEЕ, 2013, no. 5, pp. 135—137.

14. Penjiyev A. M. *Vozobnowlyaemaya energetiki i ekologiya (obobshenie stateyi)*, *Mejdunarodnyi nauchny jurnal "Alternativnaya energetika i ekologiya"*, 2014, no. 08 (148), pp. 28—52.

15. Penjiyev A. M. *Mehanizm Chistota razwitiya: priortiya energoeffektivnosti w Turkmenistane*, *Mejdunarodnyi nauchny jurnal "Alternativnaya energetika i ekologiya"*, 2009, no. 10 (78), pp. 142—148.

16. Penjiyev A. M. *Perspektivy alternativnoi i ee ekologicheskii potencial w Turkmenistane*, *Mejdunarodnyi nauchny jurnal "Alternativnaya energetika i ekologiya"*, 2009, no. 9 (77), pp. 131—139.

17. Penjiyev A. M. *Plan deistviya i strategiya vnedreniya w wozobnowlyayemyu energetiku*, *Mejdunarodnyi nauchny jurnal "Alternativnaya energetika i ekologiya"*, 2013, no. 16 (138), pp. 39—60.

18. Strebkov D. S., Penjiyev A. M., Mametsahatow B. D. *Razwitiya solnechnoi energy w Turkmenistane*, Moscow: GNU ВИЭСХ, 2012. 498 p.

19. Fedorov M. P., Romanov M. F. *Mathematicheskije osnovy w ecologi*. SPb.: Publishing house SpbGtU, 1999, 156 p.

20. URL: <http://www.gis.su>