

Технические науки

УДК 621.383; 621.472

ОСНОВЫ ГИС В РАЗВИТИИ ВЕТРОЭНЕРГЕТИКИ В ТУРКМЕНИСТАНЕ¹

А.М. Пенджиев Туркменский государственный архитектурно-строительный институт (Ашхабат 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 ветроэнергетики с целями обеспечения устойчивого развития региона. В основном это относится к энергетическим объектам и системам, использующие ветроэнергоисточники, 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, ветроэнергетического ресурсов и информации энерго-экопотенциала, необходимой для создания базы данных ГИС. Оценки ветроэнергоресурсов 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 ветроэнергетических установок, и их ресурсы, экологические выгоды, цели и задачи на научно-методических основах в области ветроэнергетики для реализации государственных программ Туркменистана энергообеспечения региона. На основе ГИС технологий составлена карта ветроэнергетических ресурсов и экологических потенциалов на территории Туркменистана.

Ключевые слова: возобновляемая энергетика, ветроэнергетика, геоинформационные системы, технологический, экоэнергетика, экология, экобизнес, Туркменистан.

Введение

Актуальность проблемы. В своих выступлениях Президент Туркменистана Гурбангулы Бердымухамедов неоднократно подчеркивал о рациональном использовании топливно-энергетических ресурсов, представляющую собой одну из глобальных мировых проблем, успешное решение имеет определяющее значение не

¹ Статья представлена Т. М. Хусяиновым (Нижний Новгород, Россия). Рецензент - доктор физико-математических наук Я.Ч. Чарыев.

только для дальнейшего развития мирового сообщества, но и для сохранения среды его обитания - биосферы. Одним из перспективных путей решения этой проблемы является применение новых энергосберегающих технологий, использующих нетрадиционные возобновляемые источники энергии [2, 24,31-33].

Несмотря на то, что современная энергетика в основном базируется на невозобновляемых источниках энергии (около 80% в мировом энергетическом балансе составляют нефть, газ и каменный уголь), интерес к возобновляемым источникам энергии (ВИЭ) неуклонно растет. Главными аргументами для использования ВИЭ являются высокая цена традиционного топлива, энергетическая безопасность для стран-импортеров нефти и газа и проблемы охраны окружающей среды.

В этой связи одной из важнейших научно-технических проблем народного хозяйства в энергетической отрасли является обеспечение геоинформационными технологиями (ГИТ) и поддержка принятия управленческих решений государственных органов в сфере планирования развития сектора энергообеспечения на основе ВИЭ. Стратегия развития энергетики для любого региона Туркменистана и вовлечение ВИЭ в его энергетический баланс напрямую зависят от имеющегося потенциала, как по отдельным видам, так и по совокупности видов ВИЭ (комплексного потенциала) [4,10-12].

Изучение неравномерностей пространственного распределения потенциала ВИЭ и выявление наиболее перспективных районов под строительство энергогенерирующих объектов в совокупности с анализом инфраструктуры в данных районах эффективно при использовании специализированных технологий геоинформационного моделирования.

В настоящее время отсутствуют исследования, посвященные вопросам применения геоинформационных технологий для выполнения пространственного моделирования потенциала возобновляемых энергоресурсов. Геоинформационные системы (ГИС) в данной предметной области используются, как правило, только для визуализации точечных результатов рассчитанных величин. Это выполняется по следующей схеме: а) рассчитываются точечные значения потенциала; б) с использованием ГИС общего назначения выполняется интерполяционное сглаживание по пространству; в) в той же ГИС общего назначения результаты визуализируются в виде карты ареалов или изолиний. Применение такой схемы оправдано при максимальной плотности исходных точечных данных, которая может быть обеспечена лишь на мелких масштабах. При работе со средними и крупными масштабами необходим другой подход. Подход, в рамках, которого учитываться различия в плотности исходных данных параметров, влияющих на значение потенциала источников возобновляемых энергоресурсов, в частности ветроэнергоресурсов Туркменистана и каждый параметр будет рассмотрены отдельно в процессе иерархического решения поставленных задач [4,10-24,34].

Исходя из выше приведенных задач автор подготовил статью, конечно, он осознает, что при написании статьи не все задуманное удалось реализовать в полном объеме. Он прекрасно понимает, что он делает первые шаги в этом направлении, поэтому имеет недостатки как в теоретическом плане, так в практической и прикладной части. Но тем не менее заложить основы вопроса использования ГИС технологий в области применения ветроэнергетике для смягчений антропогенных нагрузок на окружающую среду с помощью возобновляемых источников энергий стоит,

а на вопрос изменение климата уже нужно принимать меры сейчас. Используемые материалы и методика подхода могут быть полезны для применения их не только в Туркменистане, но и в других странах мира.

Цель статьи. Разработка информационных технологий и расчетное обеспечения геоинформационного моделирования для решения задач оценки пространственного распределения возобновляемых энергоресурсов и определения пространственного распределения ветроэнергетических ресурсов на территориях Туркменистана.

Предметом исследования являются теоретические расчеты, методологические основы разработки и применения геоинформационных технологий для построения карт пространственного распределения ветроэнергоресурсов, а также определения энергетических, экономических, экологических потенциалов от использования на территориях Туркменистана.

Научная новизна. Предложены принципы построения новой ГИС и технологии для решения задач комплексной оценки возобновляемых ресурсов, в частности ветроэнергоресурсов и его экологического потенциала на территориях Туркменистана. Впервые с применением геоинформационных технологий построены: энергетическая и экологическая карта потенциала ветроэнергоресурсов и рассчитаны технически доступные ветроэнергоресурсы для электроснабжения отдаленные районы страны.

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, 10-12, 35].

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.

Перечислить все области возможного применения ГИС затруднительно. Наибольшее распространение они получили в следующих отраслях:

- землеустройство (земельные кадастры);

- муниципальное хозяйство;
- энергетика;
- транспорт и связь.

На отечественном рынке создание ГИС сдерживается дороговизной специализированных программных средств, длительными сроками разработки и высокими требованиями к "компьютерной" квалификации персонала [4,10-12].

Области применения и использования ГИС – технологий. Ученые подсчитали, что 85% информации, с которой сталкивается человек в своей жизни, имеет территориальную привязку. Поэтому перечислить все области применения ГИС просто невозможно. Этим системам можно найти применение практически в любой сфере трудовой деятельности человека.

ГИС эффективны во всех областях, где осуществляется учет и управление территорией и объектами на ней. Это практически все направления деятельности органов управления и администраций: земельные ресурсы и объекты недвижимости, транспорт, инженерные коммуникации, развитие бизнеса, обеспечение правопорядка и безопасности, управление ЧС, демография, экология, здравоохранение и т.д [4,10-12].

ГИС позволяют точнейшим образом учитывать координаты объектов и площади участков. Благодаря возможности комплексного (с учетом множества географических, социальных и других факторов) анализа информации о качестве и ценности территории и объектов на ней, эти системы позволяют наиболее объективно оценивать участки и объекты, а также могут давать точную информацию о налогооблагаемой базе.

ГИС позволяют вести мониторинг экологической ситуации и учет природных ресурсов. Они не только могут дать ответ, где сейчас находятся "тонкие места", но и благодаря возможностям моделирования подсказать, куда нужно направить силы и средства, чтобы такие "тонкие места" не возникали в будущем.

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 [4,10,12,35].

В данной работе рассмотрим о создании 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.

Особенности возобновляемых источников энергии. Возобновляемая энергетика характеризуется многогранностью, разнообразием характеризующих её критериев и составляющих. В перечне задач, возникающих при осуществление проектов

возобновляемой энергетики (ВЭ) (помимо технологических и технических), особо выделяются проблемы оценки возможности и энергоэффективности использования возобновляемых источников энергии (ВИЭ) для энергоэкологообеспечения регионов [7-10,12].

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 создание 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.

В настоящий момент за рубежом имеется достаточно успешный опыт использования ГИС-технологий в области возобновляемой энергетики. Энергетические компании широко используют геоинформационные системы для разработки проектов, но экологические потенциалы не достаточно изучены. Были проведен с использованием локальных ГИС технологий, она позволила интегрировать и в комплексе проанализировать многие лимитирующие факторы проекта, такие как пути и интенсивность судоходства, территории разработки нефтяных месторождений и пути прокладки нефтепроводов, маршруты миграции птиц, ограничения со стороны военных ведомств и т.д. При оценках учитывалось влияние каждого из этих факторов, что обеспечило детальный анализ пригодности и экологической чувствительности того или иного участка в процессе выбора мест для строительства энергетических объектов.

Рассмотренные в ходе исследования зарубежных авторов по геоинформационным ресурсам по ВЭ можно подразделить по охвату территории на: локальные; региональные; национальные; глобальные.

Опыт зарубежные стран в геоинформационных системах: 1) Атлас возобновляемой энергетики Вермонта [4] – региональная ГИС, разработанная на основе ArcGIS 9.3.1. Включает в себя детальную информацию о действующих объектах возобновляемой энергетики на территории штата Вермонт (США), а также о потенциале территории для создания такого рода объектов. В атласе доступны данные по следующим источникам: биомасса; геотермальные источники; малые водные потоки; солнечная энергия; ветровая энергия.

2) Созданная в Национальной лаборатории ВИЭ США (NREL USA) Renewable resources map and data [4,10] является геоинформационной системой национального уровня. По тематической широте, объему предоставляемой информации и охвату территории данная ГИС является, по-видимому, в настоящее время наиболее

представительной и развитой среди аналогичных зарубежных национальных ГИС. Открытая для свободного доступа версия в Интернет включает: динамические карты, базы данных, инструменты, позволяющие пользователю иметь доступ к картам, данным и проводить анализ ресурсов возобновляемой энергетики для определения, какие технологии наиболее жизнеспособны (конкурентоспособны) для США и других стран.

В 2011 году на сайте NREL стали доступны бесплатные ГИС-пакеты не только для территории США, но и для Афганистана, Бангладеша, Бутана, Бразилии, Китая, Сальвадора, Ганы, Гватемалы, Гондураса, Индии, Непала, Никарагуа, Пакистана, Шри-Ланки и Турции.

3) 3TIER Renewable Energy [4,10,11] - 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. Она позволяет сделать некоторые заключения о содержании и возможностях данного программного продукта. Оценка ветроэнергетических ресурсов основывается на данных наблюдений и результатах численного моделирования атмосферной циркуляции с учетом рельефа местности и свойств поверхности. Пространственное разрешение модели составляет 5 км. Данные для расчетов модели берутся из открытых источников метеорологической информации. Разница между наземными измерениями и предсказаниями модели менее 0,5 м/с на 50% станций наблюдения и менее 1 м/с на 78% станций.

Таким образом, продукт, предлагаемый компанией 3TIER, 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.

В качестве продуктов, выполняющих сходные с ГИС функции, но дающих, в основном, лишь информационную основу для дальнейшего анализа можно рассматривать разработанные в последние два десятилетия международные базы данных (БД), охватывающие территории различного масштаба (NASA SSE [4], WRDC [9], SOLARGIS [10], METEONORM [11] и др.). Некоторые из них доступны через сеть интернет, другие являются коммерческими продуктами. [7-10,12,35].

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 [10,12].

В Туркменистане на данный момент нет аналогов зарубежным ГИС по возобновляемой энергетике. Началом работы по использованию солнечной энергии в этом направлении стала инициатива по использованию ветроэнергетических установок в пустынной зоне. Потенциал ветроэнергетических ресурсов на территории Туркменистана огромны [11-15] и характеристическая база данных собрана, рассчитана и имеются [2,11-15].

В результате по направленности ГИС можно выделить однокомпонентные ГИС (рассматривается только один из ВИЭ: солнце, или ветер, или биомасса и т.п.) и многокомпонентные (включающие в себя несколько ВИЭ).

По типу информации, включаемой в основу ГИС ВИЭ однокомпонентную, и используемой для оценки целесообразности и выгоды по ВИЭ в Туркменистане, в частности ветроресурсов можно выделить следующую постановку задачи:

- Данные для оценки ресурсов ВИЭ (комплекс метеорологических, ветровых режимов, энергетического потенциала, кадастра и их особенности численность населения местности и многое другое);
- Технические характеристики ветроустановок (для расчетов предполагаемой выработки ветровой электроэнергии);
- Экономические предпосылки (цены на энергию от традиционных и нетрадиционных источников (в целях сравнения энергетическую целесообразность и возможности создания экобизнеса на основе продаже квот для механизма чистого развития МЧР));
- Энергетические балансы регионов (предприятия, производящие ветроэнергоустановки, инвестиции в данную область, налоговые льготы на использование ветроэнергетического ресурсов, зарплаты работников объектов на станции и т.д.);
- Социальные предпосылки (занятость населения например, отгонным животноводством в пустынной зоне, решение социально-бытовых условий и потенциальные рабочие места от строительства различных объектов, соотношение новых рабочих мест и прогнозируемого объема вырабатываемой энергии, уменьшение негативных факторов, влияющих на здоровье населения за счет снижения вредных выбросов и т.д.);
- Экологические аспекты: величина снижения вредных выбросов при использовании ветровых ресурсов, снижение загрязнения окружающей среды, почвы, воды, уровня радиации (выбросов криптона в районах, где использовалась атомные электростанции и т.д.) [7-10,12].

Исходя из вышеизложенных задач сделан упор создание основ на использования ГИС технологий в ветроэнергетике Туркменистана.

Общие физико-географические условия Туркменистана. Туркменистан – государство в Центральной Азии, расположен 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 на рисунке 1 представлена физическая карта Туркменистана. [1-3,15].

В административном отношении Туркменистана подразделяется на пять велаятов (областей) — Дашаогзский, Лебапский, Марыйский, Ахалский и Балканский; 57 этрапов, 25 городов и 77 поселков городского типа (рис.1) [1-4,15]. Туркменистана составляет более 6 млн. человек. Средняя плотность населения по стране составляет 11,5 человек на 1 кв. км. Большая часть населения (54,0%) проживает в сельской местности. Доля городского населения равна 46,0%.

Туркменистан является одним из обладающим высоким потенциалом практически во всех основных видах традиционного топлива. Огромную территорию - 80 % занимает пустыня Каракумы и горы Копетдаг.

Создание современной инфраструктуры и повышение роста сельскохозяйственного производства в пустынной зоне – одно из приоритетных направлений социально-экономического развития Туркменистана на долгосрочную перспективу.

Строительство 1 км линий электропередач (ЛЭП) обходится государству в 18–25 тыс. долл. США, что экономически не выгодно.

По изученным данным объем технически доступных ресурсов возобновляемых источников энергии в Туркменистане огромен [11-15,18]. Экономический потенциал ВИЭ на территории Туркменистана, выраженный в тоннах условного топлива (т у.т.), по различным видам источников составляет: низкопотенциальная энергия Солнца – $4 \cdot 10^{15}$ кДж (примерный эквивалент – $1.4 \cdot 10^9$ т у.т. в год); энергия ветра – $640 \cdot 10^9$ кВт ч в год. Кроме того, тепло Земли, энергия биомассы, энергия малых рек. Принятие решений использования ГИС и технологий на основе ветровой энергии 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.

Ветровой режим и его особенности в Туркменистане. Ветер на различных высотах в атмосфере Земли для каждой точки ее поверхности характеризуются его скоростью, которая, строго говоря, является случайной переменной в пространстве и времени, зависящей от многих факторов местности, сезона года и погодных условий. Все процессы, напрямую связанные с использованием текущего значения скорости ветра, в частности, производство электроэнергии в ветроэлектрических установках, имеют сложный характер, так что их характеристики обладают статистическим разбросом и неопределенностью средних ожидаемых значений. Поэтому на современном уровне исследований задача их оценки формируется как создание вероятностного описания случайного процесса посредством разбиения всего временного процесса на отдельные временные интервалы, в пределах каждого из которых можно использовать приближение стационарности, т.е. независимости всех определяемых параметров от времени. В качестве периода стационарности могут быть приняты различные временные интервалы с соответствующей точностью описания в зависимости от реальных условий случайного процесса. В частности, в некотором приближении можно считать процесс стационарным во всем рассматриваемом промежутке времени, например, в течение года.

Климат Туркменистана резко континентальный с короткой, довольно холодной зимой и сухим жарким продолжительным летом. Осадков выпадает небольшое количество (в основном 100—200 мм), преимущественно в холодный период года. Ветровой режим формируется под влиянием циркуляционных факторов и местных физико-географических особенностей.

Для холодного периода рассматриваемой территории наиболее характерна юго-западная периферия сибирского антициклона, а также выходы с юга южно-каспийских и мургабских циклонов. В январе на побережье Каспийского моря наблюдаются преимущественно восточные ветры, вызванные в силу муссонной циркуляции смещением воздуха с холодной суши на более теплое море (повторяемость 30—40%). В Центральных Каракумах наиболее часты восточные и северо-восточные ветры

(повторяемость 25—35%), обусловленные в основном юго-западной периферией сибирского антициклона, а также выходом южно-каспийских циклонов. По крайнему юго-востоку Туркменистане в это время года наблюдаются преимущественно юго-восточные и северо-западные потоки воздуха (повторяемость 15—25%). Такому распределению воздушных потоков здесь способствуют горные хребты Нуратау, Актау и Гиссарский, которые являются барьером и заставляют воздух обтекать их.

2. Основные этапы создания ГИС карты ветропотенциала Туркменистана

Для создания основы ГИС карты ветропотенциала проделаны целый ряд научных исследований: математические операции и расчеты ветропотенциала, экспериментальным распределением скорости и распределением Вейбулла, временные зависимости средней скорости ветра, распределения удельной мощности ветрового потока на территории. Модель постоянного коэффициента полезного действия в области выхода ветроэлектрической установки на расчетный режим и многие расчеты они приведены в моих научных трудах [5,12-23].

Распределение удельной мощности ветрового потока на территории Туркменистана. Для фонового районирования равнинных территорий по удельной мощности ветрового потока используются данные метеостанций, расположенных в открытой местности на плоских или выпуклых формах рельефа (классы открытости по Милевскому – 6б и выше). В соответствии с этим принципом для районирования для Туркменистана было отобрано около 72 метеостанций и выведены районы, соответствующие следующим шести диапазонам удельной мощности ветра, Вт/м², на высоте 10 м: 1) <75, 2) 75-125, 3) 125-250, 4) 250-500, 5) 500-1000, 6) 1000-1500. Составления карту ветроэнергетического потенциала позволяет определить удельную ветровую энергию на ровной открытой местности. Если же ставить целью размещение ветроэлектрических установок в энергетически более благоприятных условиях, например, на верхних частях склона, то следует ввести поправки, учитывающие форму рельефа местности [5,6,18,21-22,29, 32-34].

Валовый потенциал ветровой энергии. Исходя из общего определения валового потенциала возобновляемых источников энергии, можно сформулировать следующее определение для ветровой энергии. Валовый (теоретический) потенциал ветровой энергии региона – это среднесуточная суммарная ветровая энергия, движения воздушных масс над данной территорией в течение одного года, которая доступна для использования.

В отличие от других возобновляемых источников энергии, например, солнечной, в определение валового потенциала ветровой энергии входит условие возможности ее использования, поскольку ветер хотя и занимает огромные объемы в атмосфере Земли над регионом, но практически возможно использовать только малую часть общего ресурса ветровой энергии. При этом требуется выработать согласованные принципы использования энергии ветра и оценки соответствующих потенциальных возможностей региона. В современных научных разработках общепринятым принципом является использование энергии ветра на определенной высоте над поверхностью Земли.

Регион представляется как совокупность участков, или зон, в каждой из которых удельная мощность ветровой энергии, а также географические, климатические и погодные условия являются однородными по всей площади зоны. Как правило, зоны должны соответствовать расположению метеорологических станций. Валовый потенциал региона представляет сумму валовых потенциалов составляющих его зон [5,6,18,21-22,29].

Например, полное использование энергии ветра высоте осуществляется ветроэнергетической системой, в которой ряды ветроэнергетических установок, ориентированных перпендикулярно направлению ветра, отстоят друг от друга на расстоянии, так что полная ветровая энергия, захватываемая установками на площади территории m^2 , в год, представляет валовый потенциал территории, $kВт \cdot ч/год$, который при удельной энергии ветра, для острова Кызыл-Су на побережье Каспийского моря равен $0,623 \cdot 10^6 kВт \cdot ч/(m^2 \cdot год)$.

Технический потенциал ветровой энергии. Исходя из общего определения технического потенциала возобновляемых источников энергии, а также отмеченной выше специфики использования ветровой энергии, можно сформулировать следующее определение. Технический потенциал ветровой энергии региона – это суммарная электрическая энергия, которая может быть получена в регионе от использования валового потенциала ветровой энергии при современном уровне развития технических средств и соблюдении экологических ограничений. Технический потенциал для острова Кызыл-Су равен $9,8 \cdot 10^4 kВт \cdot ч/год$ [5,6,18-22,29].

Технический потенциал региона представляет сумму технических потенциалов составляющих его зон. Расчет удельной мощности и удельной энергии ветрового потока. При использовании экспериментальных повторяемостей скоростей на высоте 10 м средняя удельная мощность потока ветровой энергии, представлены на рисунке 1.

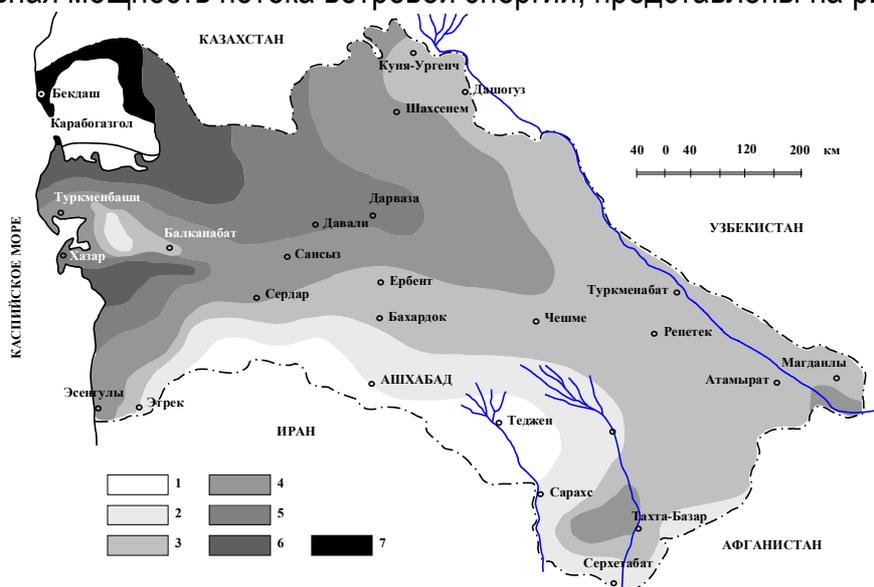


Рис.1. Ветроэнергетические ресурсы Туркменистана

1 – районы, где энергия воздушного потока с 90%-ной обеспеченностью составит менее $100 kВтч/m^2$ в год; 2 – от 100 до 200; 3 – от 200 до 400; 4 – от 400 до 600; 5 – от 600 до 800; 6 – от 800 до 1000; 7 – более 1000

Экономический потенциал ветровой энергии. Экономический потенциал ветровой энергии региона – это величина годового поступления электрической энергии в регионе от использования ветроэлектрических установок, получение которой экономически оправдано при существующем уровне цен на производство, транспортировку, потребление энергии, топлива и соблюдении экологических норм.

Экономический потенциал региона представляет сумму экономических потенциалов составляющих его зон [18-22,30].

Удельная стоимость установленной мощности ветроэлектрических станций, подключенных к энергосистемам, уменьшилась в 4 раза с 4000 долл./кВт до 1000 долл./кВт.

Экономическая эффективность ветроэлектрических установок в зонах централизованного энергообеспечения. Стоимость вырабатываемой электроэнергии, долл./((кВт * ч) или манатов (ман) ман./((кВт * ч), и стоимость установленной мощности C , долл./кВт или ман./кВт, связаны с такими экономическими параметрами, как срок окупаемости и срок службы установки. Предварительные экономические расчеты изменение скорости ветра и удельная стоимость срок окупаемости представлены на таблице 1 и рисунке 2.

Таблица 1.

Срок окупаемости ветроэлектрических установок $T_{ок}$, год.

Стоимость электроэнергии, $C_{ТЭ}$, долл./((кВт * ч)	Коэффициент использования установленной мощности K , %						
0.01	26.6						
0.02	7.98	13.0	26.6				
0.05	2.58	3.75	5.92	7.98	12.3	26.6	
0.10	1.21	1.78	2.58	3.33	4.70	7.98	

Срок окупаемости ветроэлектрической установки, определяется по выше изложенным формулам и получили, например, для острова Кызыл- Су 2,3 год.

На рисунке 2 представлены графики изменения стоимости вырабатываемой электроэнергии и установленной мощности зарубежных сетевых ветроэлектрических станций по годам. В 1996 г. стоимость электроэнергии составляла менее 5 цент./((кВт * ч) и была сравнима со стоимостью энергии, получаемой при использовании традиционных топлив. Более того, в настоящее время, например, в Дании стоимость электроэнергии от ветроэлектрических станций меньше, чем от электростанций на угле.

За тот же 15-летний период удельная стоимость установленной мощности ветроэлектрических станций, подключенных к энергосистемам, уменьшилась в 4 раза с 4000 долл./кВт до 1000 долл./кВт.

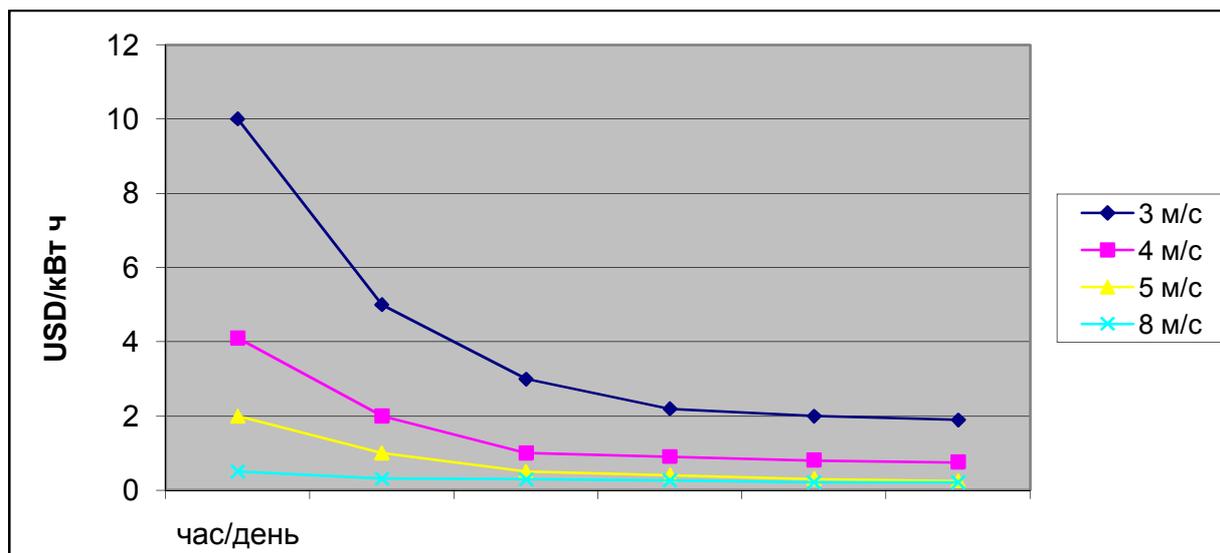


Рис.2. Изменение скорости ветра и удельная стоимость.

Стоимость установленной мощности возобновляемых источников энергии для конкретного региона, в том числе ветроэлектрических установок, включает в стоимость производства соответствующего оборудования, расходы по его транспортировке на место установки и стоимость строительства. Определение стоимости установки, а также ресурса ее работы в натуральных условиях, позволяет установить стоимость вырабатываемой полезной энергии и привести сравнение с другими источниками энергии, в первую очередь с традиционными. Тем самым может быть определена экономическая целесообразность и эффективность использования того или иного вида возобновляемых источников энергии в данном регионе.

Экологические выгоды от внедрения ветроэнергетической установки. В представленных 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. Возобновляемые источники энергии по сравнению с традиционными обладают важным преимуществом, заключенным в возможности обеспечения экологической чистоты вводимых установок, а в некоторых случаях – возможности улучшения экологической обстановки.

Одной из форм учета 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 G_3 в различных регионах может изменять величину, становиться больше или меньше единицы [2,3-18].

Как видно из рисунка 3 ожидаемое сокращение выбросов различных вредных веществ в окружающую среду в Туркменистане при средней годовой выработке ветровая энергии 300 Вт/м² с удельной мощностью на 1 кв. м и при эквиваленте расхода топлива - 0,12 Кг/год, то сокращение загрязняющих веществ составит: SO₂ –2.5 кг/год ; NO_x –1,4 кг/год; CO-0,2 кг/год; CH₄ –0,4 кг/год; CO₂ –191,8 кг/год; твердых веществ - 0,3 кг/год.

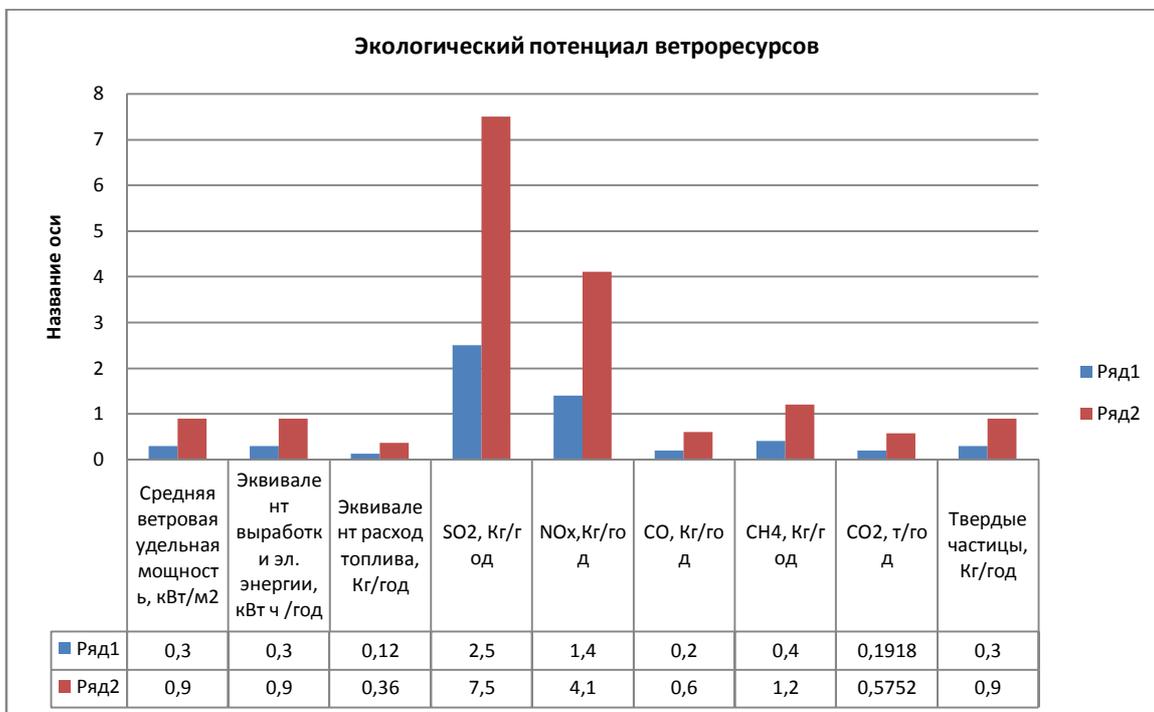


Рис.3. Гистограмма экологического потенциала выработки ветроэнергии 300 Вт и 900 Вт с 1 м².

Таблица 2.

Экологический потенциал от ветроэнергетических ресурсов с квадратного метра в Туркменистане

кВт/кв.м	SO ₂ т/год	NO _x т/год	CO т/год	CH ₄ т/год	CO ₂ т/год	Твердых Вещества т/год
100	0,000831	0,000448	5,81395E-05	0,000122	0,063953	8,72093E-05
200	0,001663	0,000895	0,000116279	0,000244	0,127907	0,000174419
300	0,002494	0,001343	0,000174419	0,000366	0,19186	0,000261628
400	0,003326	0,001791	0,000232558	0,000488	0,255814	0,000348837
500	0,004157	0,002238	0,000290698	0,00061	0,319767	0,000436047
600	0,004988	0,002686	0,000348837	0,000733	0,383721	0,000523256
700	0,00582	0,003134	0,000406977	0,000855	0,447674	0,000610465
800	0,006651	0,003581	0,000465116	0,000977	0,511628	0,000697674
900	0,007483	0,004029	0,000523256	0,001099	0,575581	0,000784884
1000	0,008314	0,004477	0,000581395	0,001221	0,639535	0,000872093

Таким образом, с учетом региональных факторов стоимости топлива и регионального экологического фактора срок окупаемости и экономический эффект

использования ветроэлектрической установки в общем случае определяются включением коэффициент регионального экологического фактора. На рис.8 представлены гистограмма, а на таблице 9 экологического потенциала ветроустановки вырабатываемой энергии 100 и более 1000 Вт/м² и возможности сокращения загрязняющих веществ от выработки с одного квадратного метра ветрового потока [21-26].

3. ГИС экологическая карта для конечного пользователя

Конечной задачей разработанной ГИС технологии является формирование доброжелательной информационной среды для пользователя наглядная карта.

Информационно-картографическая среда сформировалась в результате созданных баз данных и математических расчета приведенных на рисунке 6 и модифицируя в процессе опытной эксплуатации в соответствии с уточняющимися требованиями разработана экологическая карта. Учитывая вышеназванное и созданные база данных построена однокомпонентная ГИС экологическая карта сокращения СН₄ и СО₂ от ветроэнергетических ресурсов в Туркменистане с квадратного метра смотрите рисунок 4.

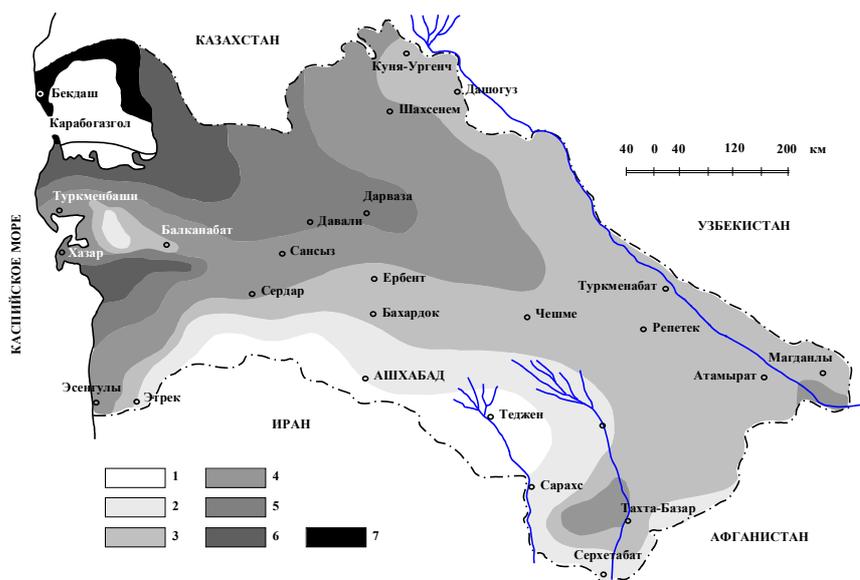


Рис.4. ГИС экологическая карта сокращения СН₄ и СО₂ от ветроэнергетических ресурсов в Туркменистане с квадратного метра.

1 – районы, где энергия воздушного потока с 90%-ной обеспеченностью и сокращения СО₂ составит менее 0,000122 и 0,063953 т/ в год; 2 – от 0,000122 и 0,063953 до 0,000244 и 0,127907; 3 – от 0,000366 и 0,19186 до 0,000488 и 0,255814; 4 – от 0,000488 и 0,255814 до 0,000733 и 0,383721; 5 – от 0,000733 и 0,383721 до 0,001099 и 0,575581; 6 – от 0,001099 и 0,575581 до 0,001221 и 0,639535; 7 – более 0,001221 и 0,639535 .

Эмпирическая повторяемость скорости ветра. В Туркменистане до настоящего времени оценка возможности использования энергии ветра основывалась на исследованиях крупно масштабного территориального распределения скорости и

удельной мощности ветрового потока [4,5,6], по данным наблюдений за скоростью ветра на сети метеостанции (МС) [5]. На основе полученных данных были выделены районы МС наиболее перспективные с точки зрения практического использования энергии ветра.

В результате математической обработки фактического материалов по 72 МС Туркменистана были вычислены статистические характеристики эмпирических распределений скорости ветра и по ним найдены уравнения 3-х типовых режимов повторяемости скорости ветра:

Режим повторяемости скорости ветра, характерный для побережья Каспийского моря (Хазар, Карабогазгол) может быть представлен зависимости в промилях (%):

$$t_i = 1571 \frac{\Delta g}{g} \cdot \frac{g_i}{g} e^{-0.75 \left(\frac{g_i}{g}\right)^{2,0}} \quad (1);$$

Режим повторяемости скорости ветра на равнинной территории пустыни Каракумы:

$$t_i = 1258 \frac{\Delta g}{g} \cdot \left(\frac{g_i}{g}\right)^{0,45} e^{-0.87 \left(\frac{g_i}{g}\right)^{1,45}} \quad (2);$$

Режим повторяемости скорости ветра в юго-восточной части Туркменистана (Бадхыза, верховьях Амударьи):

$$t_i = 1017 \frac{\Delta g}{g} \cdot \left(\frac{g_i}{g}\right)^{0,03} e^{-0.99 \left(\frac{g_i}{g}\right)^{1,03}} \quad (3);$$

Из уравнения (1-3) для всех трех типов вычислены повторяемости для \bar{g} от 2,0 до 8,0 м/с через 0,2 м/с и получены значения в целых промилях для каждой скорости ветра g_i от 0 до 25 м/с.

На оснований обобщенных характеристик ветра для Туркменистана выведены (v - скорость ветра М/с, C_v – коэффициент вариации, σ - средне квадратичное отклонение) результаты расчета параметров распределения Вейбулла (m – масштаб класса открытости, γ - формы кривой, β -масштаба близки близкий среднее скорости ветра) представлены в таблице 3.

Таблица 3.

Обобщенная расчетная характеристика ветра для Туркменистана. (v - скорость ветра М/с, C_v результаты расчета параметров распределения Вейбулла)

Название города, поселка	v	σ	C_v	γ	β	M
Дашогуз	3,1	2,3	0,8	1,27	3,3	9,3
Карабогазгол	6,5	3,7	0,6	1,73	7,4	20,0
Хазар	4,9	2,8	0,6	1,73	5,6	8,5
Туркменабат	3,6	3,1	0,8	1,27	3,9	9,0
Бахардок	3,0	2,6	0,9	1,12	3,1	9,3
Бекибент	3,9	2,7	0,7	1,46	4,3	10,0
Ашхабад	2,0	2,0	1,0	1,0	2,0	5,0

Чаршанга	4,1	4,3	1,0	1,0	4,1	7,8
Илатань	2,4	2,2	0,9	1,12	2,5	9,3
Серхетабат	2,3	2,5	1,1	0,9	2,2	6,8

Шумовые воздействия. Воздействие ветроэлектрических установок на окружающую среду и на человека, а также некоторые требования к их размещению и соответствующему отчуждению площади. Зависимость уровня шума от расстояния для ветротурбин по данным датской фирмы NQRDTANK и MICON. Для снижения шума в жилых домах ниже критического уровня ~40 – 45 дБ отдельная ветроэлектрическая установка должна располагаться от них далее 200 м. Практически интересный случай представляет также шумовое воздействие крупных ветроэнергетических систем. Для ветроэлектрической станции мощностью 50 МВт, включающей 100 ветроустановок с единичной мощностью 500 кВт, максимально необходимая площадь размещения составляет около 13 км², а удельная площадь размещения – 260 м²/кВт.

Следует, однако, отметить, что необходимая полоса отчуждения земли по периметру станции при сохранении на больших расстояниях характера зависимости уровня шума и должна иметь ширину более 1 км, т.е. общая отводимая площадь станции превысит 20 км², а удельная площадь – 400 м²/кВт.

Другими важными параметрами технического потенциала являются достижимый технический уровень современных ветроэлектрических установок (по условию – с горизонтальной осью вращения ветротурбины на высоте $h = 50$ м), выражающийся как максимально достижимая мощность в зависимости от скорости ветра, а также порядок размещения ветроэлектрических установок для максимального использования ветрового потока [3-18].

Заключение. Стремление человечества к улучшению условий жизни начинает приводить к изменению среды обитания. В то же самое время ответ на вызовы последних десятилетий лежит, что называется, на поверхности. Мы достигли того уровня знаний, когда энергию, столь необходимую для сбалансированного существования и движения вперед, можно добывать без нанесения вреда окружающему нас миру, и использовать с гораздо большей эффективностью, чем это делается сегодня. Говоря языком экономики, человечество может и должно честно и ответственно делить мировой экологический рынок со всеми видами и формами жизни на Земле. Вопросы развития возобновляемых источников энергии актуальны и для Туркменистана, вступившей в стадию модернизации и инновационного роста.

Из аналитического обзора климатологических характеристик ветровой обстановки и теоретических расчетных формул потенциальные ресурсы энергии ветра характеризуется следующими показателями: скорость и сила ветра от 16 Вт/м² (скорость - 20 м/с, сила - 10 баллов) до 15 000 Вт/м² (скорость – 30 м/с, сила – 12 баллов). Теоретический на 1 м² территории в зависимости от скорости ветра может быть использовано около 57% ветровой энергии, практически не более 33%.

Для фонового районирования равнинных территорий по удельной мощности ветрового потока используются данные метеостанций, расположенных в открытой местности на плоских или выпуклых формах рельефа (классы открытости по Милевскому – 6 б и выше). В Туркменистане было отобрано около 72 метеостанций и

выведены районы, соответствующие следующим шести диапазонам удельной мощности ветра, Вт/м², на высоте 10 м: 1) <75, 2) 75-125, 3) 125-250, 4) 250-500, 5) 500-1000, 6) более 1000.

Наиболее перспективными для размещения ветроэнергетических установок для страны является побережье Каспийского моря и участки их шельфов. Так как на шельфах морей удельная мощность ветрового потока достигает более 1000 Вт/м², а на побережьях 500-1000 Вт/м², в то время как на удалений от побережий и в глубинных районах страны удельная мощность ветрового потока составляет 100-500 Вт/м².

Из рассмотренных вышеизложенных позиции можно сделать следующие **выводы**:

1. Предложены методика расчетов ветроэнергетических ресурсов для прогнозирования выбросов парниковых газов в энергетике страны и регионов с использованием динамической территориально-производственной модели оптимизации ТЭК страны, позволяющая: выявить рациональные направления научно-технического прогресса в производстве, преобразовании и использовании энергии и оценить последствия для окружающей среды от их внедрения; определить состав и размеры возможных мероприятий по структурной перестройке энергетике с целью ослабления негативного влияния парниковых газов на окружающую среду; оценить динамику изменения выбросов парниковых газов в энергетике.

2. Составлена ветроэнергетическая карта ветроэнергетических ресурсов, дала предварительную оценку мероприятий по сокращению выбросов в энергетике от использования ветроустановок с одного метра квадратного площади.

3. В соответствии с разработанным ГИС технологий и составленной экологической ветропотенциала картой и методическим подходом получены оценки эколого-экономической эффективности внедрения "новых" проектов по сокращению выбросов CO₂. Это позволит оценить конкурентоспособность рассмотренных проектов относительно квот в регионе и проранжировать их по степени привлекательности для инвесторов, заинтересованных в получении квот по сокращенных выбросов для экологического бизнеса на основе продажи квот рамках механизма чистого развития см. таблицу 2.

4. Представленные эмпирические расчеты (1-3), составленная карта экоэнергетических ресурсов использование ветроэнергетических установок на территории Туркменистана, будут эффективным, доступным средством энергосбережения и обеспечение экологической безопасности окружающей среды.

5. При средней годовой выработке ветровой энергии 900 Вт/м² с удельной мощностью на 1 кв. м и при эквиваленте расхода топлива - 0,36 Кг/год, то сокращение вредных выбросов составит: SO₂ -7,5 кг/год ; NO_x - 4,1 кг/год; CO-0,6 кг/год; CH₄ -1,2 кг/год; CO₂ -575,2 кг/год; твердых веществ - 0,9 кг/год см. карту и гистограмму на рисунке 2 и 3.

6. Составленная карта на рис. 1, дает количественную оценку ветроэнергораспределения ресурсов, используя ее, можно подсчитать энергетические, экономические ресурсы пастбищных районов на территории Туркменистана приведены на рисунке 2. Годовой экономический эффект от комбинированного использования гелиоветроэнергетических систем теплохладоснабжения дома в сельской местности площадью 150 м² составит 0,4 тыс. долларов в год и сэкономит на душу внесения 180-200 кг. у.т. в год. За счет ветроагрегата можно удовлетворить от 40%-85%

энергопотребления. Во многих странах мира ветроагрегаты в первую очередь широко используются в малых населенных пунктах, сельской местности, в приморских районах, следовательно, в Туркменистане есть все возможности для активного применения гелиоветроэнергоустановок для улучшения социально-бытовых условий человека [24].

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. Берштейн Л. С., Целых А. Н. Гибридная экспертная система с вычислительным модулем для прогноза экологических ситуаций. Труды международного симпозиума "Интеллектуальные системы - ИнСис - 96", г. Москва, 1996г.
4. Дьяченко Н. В. Использование ГИС-технологий. URL: <http://homepage.buryatia.ru/rmeic/gis.htm>
5. Дурдыев А. М., Пенджиёв А. М. Снижение энергетической антропогенной нагрузки на климатическую систему Туркменистана с помощью нетрадиционных источников энергии //Мат-лы межд. симп. по изменению климата. - М., 2003.
6. Колодин М. В. Энергетические ресурсы Каракумов.// В кн. Пустыня Каракумы и пустыня Тар. Ашхабад: Ылым, 1992. - с. 157-171.
7. Марчук Г. И. Математическое моделирование в проблемах окружающей среды. - М., Наука, 1982. - 320 с.
8. Козлов В. Б. Энергетика и природа. – М.: Мысль, 1982. - 92 с.
9. Лозановская И. Н., Орлов Д. С., Садовникова Л. К. Экология и охрана биосферы при химическом загрязнении. Москва, 1998.
10. 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.
11. 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.
12. Пенджиёв А.М. Геоинформационная технология использования возвратных вод Туркменского озера «Алтын асыр» // Альтернативная энергетика и экология – ISJAEЕ. 2014. № 13. С 129–150.
13. Пенджиёв А. М. Изменение климата и возможности уменьшения антропогенных нагрузок. Монография. LAMBERT Academic Publishing, 2012
14. Пенджиёв А. М. Экологические проблемы освоения пустынь. Монография, Издатель: LAP LAMBERT Academic Publishing 2014, - 226 с. ISBN: 978-3-8433-9325-6
15. Пенджиёв А. М. Планирование развития фотоэнергетики в Туркменистане // Экологическое планирование и управление. 2007. № 4.

16. Пенджи́ев А. М. Ожидаемая эколого-экономическая эффективность использования фотоэлектрической станции в пустынной зоне Туркменистана // Альтернативная энергетика и экология – ISJAEE. 2007. № 5. С. 135–137.
17. Пенджи́ев А. М., Пенжи́ев А. А. Международное сотрудничество в области охраны окружающей среды и устойчивого развития на основе возобновляемой энергии в Центральной Азии // Альтернативная энергетика и экология – ISJAEE. 2012. № 1. С 139–156.
18. Пенджи́ев А. М. Эффективность использования ветроэлектростанций в Туркменистане. //Проблемы освоения пустынь №1. - Ашхабад: 2004. - С. 20-25.
19. Пенжи́ев А.М. Ветроэнергетика ресурсы Туркменистана. Ашхабад: Стандарт, 2004, №4. - С. 32-34.
20. Пенджи́ев А. М. Возобновляемая энергетика и экология (обобщение статей)//Международный научный журнал «Альтернативная энергетика и экология» № 08 (148) 2014. - С. 45-78.
21. Пенджи́ев А. М. Механизм чистого развития: приоритеты энергоэффективности в Туркменистане // Международный научный журнал «Альтернативная энергетика и экология» № 10 (78) 2009. - С. 142-148.
22. Пенджи́ев А. М. Перспективы альтернативной энергетика и ее экологический потенциал в Туркменистане. //Международный научный журнал «Альтернативная энергетика и экология» № 9 (77) 2009. - С.131-139
23. Пенджи́ев А. М. План действия и стратегия внедрения в возобновляемую энергетика // Международный научный журнал «Альтернативная энергетика и экология» № 16 (138) 2013. - С.39-60
24. Стребков Д. С., Пенджи́ев А.М.,Мамедсахатов Б.Д. Развитие солнечной энергетика в Туркменистане. Монография. М.: ГНУ ВИЭСХ, 2012.
25. Струков Д. Р. Проект системы медико-экологического мониторинга окружающей среды на базе ГИС. www.gisa.ru
26. Смирнов Б. М. Атмосфера Земли и энергетика. М.: Знание, 1979.
27. Федоров М. П., Романов М. Ф. Математические основы экологии. – СПб.: Издательство СПбГТУ, 1999. - 156 с.
28. Использование солнечной энергии. Под редакцией профессора Рыбаковой Л.Е. Ашхабад: Ылым, 1985.
29. Парниковый эффект, изменение климата и экосистемы. -Л.: Гидрометеоиздат, 1989.
30. Шефтер Я. И. Использование энергия ветра. Энергоиздат: М., 1990.
31. Первое Национальное сообщение по рамочной конвенции ООН об изменении климата. Фаза 2. Нарращивание потенциала в приоритетных областях экономики Туркменистана в связи с изменением климата. Проект GF/2328-2724-4313 ЮНЕП / ГЭФ Туркменистан, Ашхабад. 2006.
32. Национальный план действий по охране окружающей среды. Ашхабад, 2002.
33. Ресурсы и эффективность использования возобновляемых источников энергии в России. М.: Наука, 2003
34. Устойчивое развитие Туркменистана (РИО + 10) А. Туркменистан, 2002.
35. Центр интеграции технологий - разработчик ПО в области ГИС. URL: <http://www.gis.su>



— ● —

Abstract. In the article it is considered the geoinformation systems (GIS) and creation of geoinformation technologies (GIT) which allow to analyze operatively and in details on the basis of the available geographically adhered information the various alternative variants for carrying out of an estimation of consequences of variants of designing of installations in this or that area of wind industry with the purposes of maintenance of a sustainable development of region. Especially it is related with the power objects and systems using wind energy sources in connection with their high spatial and time non-uniformity and variability. According to the standing problems defining the necessary settlement parameters, also there are requirements to initial physical and geographical, natural and climatic, metrological, wind energy resources and the information of energetic ecological potential, the database GIS is necessary to be created. The estimations of wind energy resource and its distributions on territory are complicated by limitation of volume of energy potential on time and in space. By means of GIS it is possible to solve power, economic, ecological, social questions and possibilities of softening of a climate change on the basis wind energy installations, and their resources, ecological benefits, the purposes and problems on scientifically-methodical bases in area of wind industry for realization of Turkmenian government programs of power supply of region. On the basis of GIS technologies the map of wind energy and ecological potentials on territories of Turkmenistan is made.

Keywords: renewed power, wind energy resources, geoinformation systems, technology, ecoenergy, ecology, ecobusiness, Turkmenistan.

— ● —

Сведения об авторе

Ахмет Мырадович **Пенджи́ев**, кандидат технических, доктор сельскохозяйственных наук, доцент, академик МАНЭБ, член корр. РАЕ. *Туркменский государственный архитектурно-строительный институт.*

— ● —