

## Технические науки

УДК 340.11

### **ОСНОВЫ ГЕОИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ В РАЗВИТИИ МАЛОЙ ГИДРОЭНЕРГЕТИКИ ТУРКМЕНИСТАНА<sup>6</sup>**

**А. М. Пенджиев.** Туркменский государственный архитектурно-строительный институт.

**Э. Х. Гурбанов.** Корпорация «Куват» (Туркменистан, Ашхабад),  
e-mail: ampenjiev@rambler.ru

**Резюме.** В статью заложены основы использования геоинформационной системы и технологии, которая позволит оперативно и подробно анализировать имеющейся географические привязанные информации различных альтернативных энергетических вариантов. Оценит возможности использования малых гидроэнергетических ресурсов и создаст базу данных в области энергообеспечения, труднодоступные отдаленные населенные пункты страны. С помощью теоретических расчетов выведены эмпирические уравнения, составлена карта малых гидроэнергетических ресурсов для ГИС и обоснованы энергетические, экономические, экологические потенциалы для реализации государственных программ Туркменистана на основе возобновляемых источников энергетики.

**Ключевые слова:** возобновляемая энергетика, энергия геотермальных вод, геоинформационные системы, технологии, энергоэффективность, экология, экобизнес, Туркменистан.

## **ВВЕДЕНИЕ**

**Актуальность проблемы.** Стратегическая задача, поставленная Президентом Туркменистана Гурбангулы Бердымухамедовым, перед учеными и государственными органами, заключается в том, чтобы определить пути более эффективного использования природных энергетических ресурсов. Как важнейшего национального достояния страны для существенного повышения производимого социально ориентированного внутреннего валового продукта (ВВП) и качества жизни населения при снижении удельных энергетических и, как следствие, материальных затрат общества на свое развитие [1].

Проблема внедрения нетрадиционных возобновляемых источников энергии является в настоящее время одной из наиболее актуальных проблем для всего народного хозяйства Туркменистана. Решение этого вопроса позволит повысить эффективность использования топливно-энергетических и материальных ресурсов при производстве широкого спектра промышленной и сельскохозяйственной продукции и снизить энергопотребление органического топлива и смягчить антропогенные нагрузки на окружающую среду.

Использование малых гидроэлектростанций обусловлено многолетним отечественным и зарубежным опытом. Однако для дальнейшего обоснования перспектив развития малой гидроэнергетики в Туркменистане требуется разработка новых методик по оценке основных категорий ее энергетического потенциала, базирующихся на использовании любых, в том числе и нетрадиционных, источников энергетического потенциала малой гидроэнергетики с использованием геоинформационных систем и технологии. К этим вопросам можно отнести:

<sup>6</sup> Рецензент: доктор технических наук, профессор П.А. Назаров

- естественные открытые водотоки и водохранилища;
- искусственные водохозяйственные системы различного назначения, включающие водохранилища, ирригационные каналы;
- промышленные объекты, использующие в своем технологическом цикле относительно большие объемы воды (крупные ТЭЦ и ГРЭС, работающие на прямоточной системе водоснабжения, системы коммунально-бытового водоснабжения и т.д.).

При этом предполагается, что энергетический потенциал малой гидроэнергетики (МГЭ) может быть использован как с помощью традиционных плотинных, деривационных и смешанных схем создания напора малых ГЭС (МГЭС), так и нетрадиционных технических решений. Например, с помощью бес плотинных или свободнопоточных (поверхностных и погружных) МГЭС, использующих в основном кинетическую энергию водного потока. Одной из основных методических сложностей при решении задачи расчета основных категорий энергетического потенциала МГЭ была и остается проблема выделения доли МГЭ из всего гидроэнергетического потенциала рассматриваемого региона с использованием геоинформационных систем и технологий, где возможна реализация проектов как традиционных, так и МГЭС. Эта задача является характерной только для МГЭ и она отсутствует в расчетах энергетического потенциала других видов ВИЭ [5-12,20-26] .

Геоинформационные системы (ГИС) позволяют оперативно и подробно рассматривать на основе имеющейся географически привязанной информации различные альтернативные варианты для проведения оценки последствий вариантов проектирования в той или иной области с целями обеспечения устойчивого развития. В особой степени это относится к энергетическим объектам и системам, использующим возобновляемые энергоисточники в связи с их высокой пространственной и временной неравномерностью и изменчивостью.

Геоинформационные системы гидроэнергетических ресурсов, и в первую очередь ресурсов малой гидроэнергетики связаны с необходимостью привлечения как большого количества данных гидрологических измерений, гидрографических и географических характеристик русел и территорий водосборов малых рек, так и расчетных характеристик стока. Специфической особенностью малых рек является исключительная зависимость водных ресурсов от местных ландшафтно-географических особенностей водосборов. По этой причине ограниченные водные ресурсы малых рек имеют большую изменчивость как во времени так и в пространстве. Различие удельного стока даже на соседних реках, типичное для них, объясняется индивидуальными особенностями водосборов [3,6,1213,26].

Основные гидрологические характеристики для расчетов гидроэнергетического потенциала (ГЭП) различных уровней обобщения зависят от масштаба проведения исследований:

Макроуровень – оценки потенциалов крупных регионов (первичные оценки);

Мезоуровень – оценки и расчеты на уровне водосборных бассейнов рек 3-4 порядка (уточненные оценки);

Микроуровень – оценка ГЭП малой реки и выбор вариантов размещения створов МГЭС (водноэнергетические расчеты).

В соответствии со стоящими задачами, определяющими необходимые расчетные параметры, и встают требования к исходной физико-географической, гидрографической и гидрологической информации, необходимой для создания базы данных ГИС. Оценки ГЭП малых рек и его распределения по территории затруднено ограниченностью объема дан-

ных о стоке по времени и в пространстве. Имеющиеся в стране гидрологические посты наблюдений сосредоточены в основном на больших и средних реках, что не позволяет определить энергопотенциал малых рек методом “линейного учета”.

Для общих оценок на макроуровне необходимо определение среднесезонных значений расходов в замыкающих створах рек 2-3 порядка и средневзвешенного уклона русла рек. В этом случае необходимо создания слоев ГИС, содержащих карту гидрологического районирования (для оценок распределения стока в течении года), карту модулей стока, региональные коэффициенты редукации значений модуля стока в зависимости от площадей водосборов для малых рек, залесенности, заболоченности. Для оценок уклона при создании ГИС любого масштаба целесообразно привлечение цифровых моделей рельефа [3,6,1213,26].

Авторы осознают, что при написании статьи не все задуманное удалось реализовать в полном объеме, так как гидроэнергоресурсы недостаточно изучены из-за скудности водоемов в Туркменистане. Он прекрасно понимает, что он делает первые шаги в использовании ГИС технологии для создания малой гидроэлектрических станции в Туркменистане, поэтому имеются недостатки как в теоретическом плане, так в прикладной, практической части. Но тем не менее вопрос использования ГИС технологии в области энергообеспечения труднодоступных регионах страны с малыми гидроэлектростанциями и возможности смягчения антропогенных нагрузок на окружающую среду стоит. Сделанный информационно-аналитический обзор, собранных материалов в преимуществе и методика применяя могут быть полезным для использования ГИС технологий для развития малых гидроэлектростанции в Туркменистане, а также опыт будет приемлем и в других странах мира.

Научной новизной работы заключается: в разработке концептуальной схемы к решению проблем использования малых рек, рассчитаны экоэнергетические ресурсы и определены задачи для развития ГИС технологии в условиях Туркменистане.

## 1. ОСНОВЫ ПО МАЛОЙ ГИДРОЭНЕРГЕТИКЕ В РАМКАХ РАЗРАБОТКИ ГИС

**Актуальность темы.** В современном природопользовании значительное место занимает проблема оптимального использования водных ресурсов рек в хозяйственных целях, в решении которой большую роль играют гидротехнические сооружения, служащие, прежде всего, для создания искусственных водоемов, осуществляющих регулирование стока и защиту территории от затопления и селевых потоков. Эти водоемы, являющиеся составной частью гидротехнических сооружений, используются для промышленного и питьевого водоснабжения, в рыбохозяйственных и рекреационных целях, для ликвидации последствий лесных пожаров. Различные аспекты создания, функционирования и использования гидротехнических сооружений отражены в работах А.Б. Авакяна, В.П. Салтанкина, В.А. Шарапова, В.М. Широкова, Ю.М. Матарзина, С.Т. Алтунина, В.С. Алтунина, И.А. Шикломанова, М.Я. Прытковой, Н.В. Буторина, С.Т. Вендрова, К.Н. Дьяконова, Ф.Н. Милькова, К.А. Дроздова, Рахимов А.С., Хамитов Т.Г. и многие др. [4-11, 14-17].

В связи с ведущей ролью гидротехнических сооружений (ГТС) в водопользовании представляет большой интерес выявление пространственно-временных особенностей их распределения и состояния на региональном уровне. При этом наиболее эффективными и современными методами обработки пространственных данных являются геоинформаци-

онные технологии (ГИС-технологии). Это нашло свое отражение в работах С.Н. Сербенюка, А.М. Берлянта, В.С. Тикунова, А.В. Кошкарева, И.К. Лурье и многие др. [3-12,17-26]. Вместе с тем необходимо отметить, что в настоящее время отсутствуют методические положения и рекомендации по проектированию, разработке и реализации типовой геоинформационной системы (ГИС) ГТС, служащей для эффективного информационно-аналитического управления водопользованием на различных иерархических уровнях (государственном, региональном и районном масштабе). Данная работа восполняет этот пробел. При этом представляет интерес не только созданные картографические, атрибутивные, мультимедийные базы данных и ГИС гидротехнических сооружений, но и возможность оценки эффективности существующей сети гидротехнических сооружений, определение особенностей функционирования системы ГТС и выделение приоритетных направлений ее развития малой гидроэнергетике как возобновляемый источник энергии устойчивого развития в условиях Туркменистана.

Целью данной статьи является исследования и выявление особенностей распределения водно-энергетических ресурсов с применением методов геоинформационных технологий в развитии малой гидроэнергетике (МГЭС) и оценка их перспективы, преимущества в Туркменистане для устойчивого развития.

### ***Мировой опыт ГИС по МГЭС.***

Экономический потенциал гидравлической энергии в мире оценивается в 8100 ТВт-ч. Установленная мощность всех гидроэлектростанций составляет 669 ГВт, а вырабатываемая электроэнергия — 2691 ТВт-ч. Таким образом, экономический потенциал используется на 33%. В России экономический потенциал гидроэнергии составляет 600 ТВт-ч и используется на 26% (157,5 ТВт-ч). Установленная мощность ГЭС России оценивается 43 940 МВт. Доля малых и микроГЭС в экономическом потенциале составляет примерно 10%. Его используют только на 0,5%. Это обусловлено сокращением числа малых ГЭС с 5000 в 1950-х гг. до 300 в 1990-х гг. Сейчас начинается процесс восстановления разрушенных и строительство новых малых и микроГЭС. Мировым лидером в малой гидроэнергетике является Китай, где с 1950 по 1996 г. общая мощность малых ГЭС выросла с 5,9 до 19200 МВт. В ближайшем десятилетии в Китае планируется строительство более 40000 малых ГЭС с ежегодным вводом до 1000 МВт. В Индии на конец 1998 г. установленная мощность малых ГЭС (единичной мощностью до 3 МВт) составляла 173 МВт и в стадии строительства находятся ГЭС общей мощностью в 188 МВт. Определены места строительства еще около 4000 станций с общей проектной мощностью 8370 МВт. Эффективно работают малые ГЭС в ряде европейских стран, в том числе в Австрии, Финляндии, Норвегии, Швеции и др. [22,26].

В последние годы рядом специализированных организаций России разработаны схемы использования гидроресурсов и определены первоочередные объекты возможного строительства с учетом нужд потребителей и дефицита энергопотребления, проведено обследование состояния существующих сооружений малых гидроэлектростанций (МГЭС) и определена возможность их восстановления или реконструкции.

НТА «Прогрессэлектро», отдел электроэнергетических проблем Российской академии наук и АО «Гидропроект» (г. Санкт-Петербург) разработали программу строительства на реках Камчатки малых ГЭС.

Разработчики предложили в 2012 г. построить на Камчатском полуострове 20 малых ГЭС. В первую очередь намечено ввести в эксплуатацию шесть ГЭС общей установленной мощностью 50,2 МВт. Эти электростанции возводятся на реках, где не развито промысловое рыболовство или же они будут строиться без плотин.

Вторая очередь строительства охватывает период до 2014 г. За это время будут введены в строй еще 11 ГЭС общей мощностью 132,8 МВт. При проектировании также будут максимально отрабатываться вопросы экологии и сохранения рыбных запасов. К 2015 г. завершится строительство еще трех ГЭС, суммарная мощность которых составит 300 МВт.

Эффективное использование вводимых энергетических мощностей возможно только в комплексе развития сети линий электропередачи. Поэтому программа предусматривает строительство десяти ЛЭП напряжением 35...220 кВ, общей протяженностью 490 км. Как только малые ГЭС первой очереди начнут входить в строй, жители Камчатки смогут более продуманно подходить к использованию близлежащих природных богатств. Очень скоро они почувствуют немалые выгоды, которые принесет им ликвидация лимитов на электроэнергию. Они свободно смогут разрабатывать небольшие, но имеющие коммерческий спрос залежи полезных ископаемых или же создавать в леспромхозах комплексы по переработке древесины, утилизировать отходы этой переработки и т.д. Сооружение ГЭС будет сопровождаться развитием дополнительных объектов инфраструктуры: на полуострове появятся карьеры, жилье, производственные здания, мастерские, склады, линии связи и электропередачи, автодороги и пр. Все это может быть использовано в интересах жителей близлежащих районов.

По использованию располагаемых гидроресурсов МГЭС можно условно разделить на следующие основные группы:

- новое строительство русловых, при плотинных или деривационных МГЭС с водохранилищами суточного или сезонного регулирования;
- восстановление или реконструкция ранее действовавших гидроузлов;
- утилизация существующих перепадов уровней в водохозяйственных объектах (ирригация, водоснабжение, судоходные сооружения, плотины и запруды в зонах отдыха) или технологических процессах (сбросы бытовых и промышленных очищенных стоков, отепленных вод ТЭС, гидросооружения для водоснабжения тепловых и атомных станций и промышленных предприятий);
- использование скоростной энергии свободного течения больших и малых рек, в том числе в условиях ледостава.

В связи с сокращением объемов крупного гидроэнергетического строительства в России предприятия, традиционно производившие гидроэнергетическое оборудование, частично переориентировали свое производство на нужды малой гидроэнергетики.

Одновременно в ряде промышленных центров возникли малые предприятия и акционерные компании, в том числе в рамках конверсии, производящие оборудование для МГЭС. Тем самым снята декларировавшаяся в течение ряда лет проблема с приобретением оборудования для МГЭС за рубежом [3-6, 12, 15, 22-26].

В настоящее время в России может быть обеспечена потребность внутреннего рынка с полностью автоматизированными гидроагрегатами единичной мощностью до 1000 кВт,

по индивидуальным разработкам могут быть изготовлены агрегаты значительно большей мощности.

Номенклатура электрогенераторов также позволяет укомплектовать серийными машинами гидроагрегаты мощностью до 1000 кВт.

Стоимости комплектных гидроагрегатов мощностью свыше 100 кВт в зависимости от располагаемого напора составляют 200...400 дол. за 1 кВт установленной мощности.

В соответствии с разработанной в 1993 г. программой строительства малых ГЭС в России до 2012 г. может быть введено около 800 МВт установленных мощностей с выработкой электроэнергии свыше 3000 МВт ч/год. Распределение вводимых мощностей — техническое перевооружение, восстановление, модернизация списанных и законсервированных МГЭС — 250 МВт; новое строительство в районах изолированного энергообеспечения — 200 МВт.

Наибольшие гидроресурсы и гидроузлы, подлежащие техническому перевооружению, находятся в следующих энергосистемах (мощности приведены округленно): АО «Краснодарэнерго» (45 МВт), АО «Ставропольэнерго» (100 МВт), АО «Каббалкэнерго» (115 МВт), АО «Севкавказэнерго» (60 МВт), АО «Дагэнерго» (60 МВт), АО «Ростовэнерго» (65 МВт), АО «Хабаровскэнерго» (70 МВт), АО «Карелэнерго» (75 МВт), АО «Красноярскэнерго» (25 МВт).

Эта программа в зависимости от экономических условий и спроса на объекты малой гидроэнергетики может быть уточнена и существенно расширена.

Основными проблемами остаются относительно высокая себестоимость оборудования и строительно-монтажных работ, отсутствие средств у заказчиков в условиях прекращения государственной поддержки развития энергетической отрасли.

Стоимость сооружения МГЭС «под ключ» составляет от 100 до 400% к стоимости оборудования в зависимости от типа сооружения и количества агрегатов на станции. Такие стоимости бесперспективны. Для большинства заказчиков в регионах, где энергия малых рек могла бы обеспечить основные потребности. Предварительный маркетинг показывает, что цена электроэнергии МГЭС должна определяться из условия стоимости 1 т у.т. не более 200 дол. в регионах децентрализованного энергоснабжения или 4...5 центов за 1 кВт·ч в регионах централизованного энергоснабжения с дефицитом электроэнергии.

В настоящее время в мире и в странах СНГ основным классифицирующим признаком МГЭС является то, что данный источник гидроэнергетического потенциала используется так называемыми «малыми ГЭС», к которым в России принято относить ГЭС с общей установленной мощностью до 30 МВт, установленной мощностью агрегата — до 10 МВт и диаметром рабочего колеса традиционных видов гидротурбин — до 3 м [4-7,10-14].

Подобные классификационные признаки, базирующиеся на некоторых технических параметрах ГЭС, являются категорией технико-экономической для каждой страны мира, и определится уровнем ее развития, характером рынка для МГЭС и многими другими факторами [4-7,11-14].

В связи с этим в силу большого многообразия экономических функционирующих в условиях рыночных отношений, возможны и другие количественные значения указанных выше классификационных признаков МГЭС.

Подобная классификация МГЭС чрезвычайно осложняет решение задачи расчета валового энергетического потенциала МГЭС, так как на этом этапе водноэнергетических рас-

четов невозможно определить указанные выше технические параметры ГЭС. В связи со сказанным на разных этапах развития гидроэнергетики в СССР предпринимались разные попытки решения указанной проблемы.

В наиболее полной и фундаментальной научной работе по оценке гидроэнергетических ресурсов нашей страны, выполненной в 1967 г. (ориентированной на плановую экономику и стратегию централизованного электроснабжения), к категории МГЭС относились все ГЭС, создаваемые на равнинных реках с валовым потенциалом до 2 МВт и горных — до 1.7 МВт [5-7,13,14,15,22]. Эти классификационные признаки были весьма удобными, так как они не являются техническими параметрами будущих ГЭС.

Важной составляющей гидроресурсов для создания МГЭС являются существующие перепады каналов и водохранилища неэнергетического назначения, на которых на попусках в нижний бьеф могут быть установлены турбины и электрогенераторы, т.е. освоение створов с готовым напорным фронтом. Режим работы таких малых ГЭС подчинен требованиям основного водопользователя [22].

В США разработка вопросов оценки ресурсов малой гидроэнергетики страны на базе ГИС-технологий по заказу Министерства энергетики выполнялась в IDAHO NATIONAL LABORATORY. В ходе данных работ была разработана ГИС «Virtual Hydropower Prospector» (VHP) на основе программного обеспечения компании ESRI [26].

При создании ГИС по ресурсам малой гидроэнергетики необходимы данные о строении рельефа, расположении водных объектов для проведения оценок уклонов русла и выбора местоположения энергообъектов. Наиболее доступной в настоящее время базой данных для цифровых моделей рельефа является база данных NASA SRTM.

**Shuttle radar topographic mission (SRTM)** – Радарная топографическая съемка большей части территории земного шара, за исключением самых северных (>60), самых южных широт (>54), а также океанов, произведенная за 11 дней в феврале 2000г с помощью специальной радарной системы. Двумя радиолокационными сенсорами SIR-C и X-SAR, было собрано более 12 терабайт данных. Генерализованные данные Level-1 с разрешением 90 метров (3 угловых секунды) определены на всю отснятую территорию, кроме территории США, на которую данные распространяются с разрешением 30 м. Разрешение данных по высоте – 1 метр. Исходные данные распространяются квадратами размером 1×1 градус, при максимальном доступном разрешении 3 арксекунды такой квадрат является матрицей размером 1201×1201 пикселей [22-26].

Малую гидроэнергетику возможно использовать в горных условиях Туркменистана. В качестве примера применения методик проведены расчеты категорий потенциала малой гидроэнергетики для некоторых характерных регионов. В расчетах должны быть учтены современные требования социально-экономического и экологического характера. Объекты малой гидроэнергетики в горных районах Туркменистана и строительство гидроэлектростанций на малых реках МГЭС является одним из наиболее перспективных направлений использования возобновляемых источников энергии в отдаленных, труднодоступных регионах Туркменистана. Экономический потенциал МГЭС превышает потенциал других видов нетрадиционных источников энергии. В последние годы роль малых ГЭС (мощностью менее 25 МВт) выросла в связи с дефицитом органического топлива, необходимостью электрификации изолированных сельских и промышленных потребителей, большими затратами на транспортировку дизельного топлива в отдаленные районы с рассредоточен-

ными потребителями энергии, недоступными для получения электроэнергии по линиям электропередач. Возможности малых ГЭС активно обсуждаются в связи с их преимуществами перед другими источниками энергии в условиях глобальных изменений климата и водных ресурсов.

Малые реки - наиболее ранимое звено речной системы и учитывая условия Туркменистана как дефицита воды. Поэтому рассмотрение перспектив освоения гидроэнергетического потенциала малых рек требует чрезвычайно осторожного подхода и взвешенной оценки позитивных и возможных негативных последствий создания ГЭС.

Развитие малой гидроэнергетики должно быть тесно связано с улучшением состояния малых рек. Создаваемые плотины и водохранилища не только не должны нарушать жизнедеятельность малых рек, а напротив, содействовать их возрождению. С этой целью необходима разработка водоохранных мероприятий с учетом потребностей в водных ресурсах ближайших промышленных, сельскохозяйственных и коммунальных предприятий. Расчистка, спрямление, углубление русел и ряд других мероприятий должны помочь контролировать глубину малых рек, режим поемности, степень зарастания и отложения наносов. Углубление и расширение рек позволяют вскрыть родники и увеличить приток чистой воды. Таким образом, восстановление малых рек, помимо экономического, имеет важный социальный аспект: чистые реки с живой водой — это признак здорового общества и благополучной экологии [20-25].

## II. ПРЕИМУЩЕСТВА ГИС ТЕХНОЛОГИЙ ДЛЯ РАЗВИТИЯ МАЛОЙ ГИДРОЭНЕРГЕТИКИ В ТУРКМЕНИСТАНЕ

**Водно-энергетические ресурсы Туркменистана.** По прогнозам выработка электроэнергии возобновляемых источников энергии в мире до 2020 года должна вырасти: мини-, микроГЭС от 5 до 9% (48-69 тоэ) (тонн условленный эквивалент), морей и океанов от 3 до 4% (4 – 14 тоэ) [7, 11-22].

Из-за малого количества осадков в Туркменистане определяется скудность ресурсов поверхностных вод. Из 179 зарегистрированных водных объектов лишь 40 являются реками с постоянным стоком воды, 12- пересыхающими и более 100 сухими логами, по которым в период ливневых дождей проходят кратковременные паводки продолжительностью от нескольких часов до трех суток. Хотя этот потенциал крайне слабо, так как в прошлом, учитывая мощный потенциал рек Туркменистана в 1913 году была построена первая гидроэлектростанция на реке Мургаб Солтанбентская и Индукушской платине. Индукушская ГЭС проектной мощностью 1200 кВт состоит из следующих составных элементов: водонапорного сооружения подводящих закрыто канала, водопадного бассейна, турбинного и генераторного помещения, отводящего и промывного канала. ЛЭП рассчитан на передачу мощность напряжения 16,5 кВ. Средне многолетняя выработка электроэнергии составляет 4-5 млн. кВт/ч в год [2-7, 11-17].

Водно-энергетический потенциал рек Туркменистана представлен на таблице 1.

В 1948 г. была сооружена Каумут-Бентская ГЭС с мощностью 600 кВт а в 1954 г. Колхоз-Бентская ГЭС на реке Мургаб мощностью 3200 кВт.

Таблица 1.

**Водно-энергетический потенциал рек Туркменистана (кВт ч).**

Наименование	Протяженность, км	Площадь бассейна	Средний расход воды, Куб/сек	Точка	Валовый потенциальная энергия реки, кВт ч
Амударья	2620	309000	2000	Керки	343742,4
Теджен	1150	70620	30,4	Пулхатын	□□□□□□
Мургап	978	60000	50	Тахта-базар	42967,8
Етрек	669	27300	8,64	Гызыл-арбат	1485
Кушка	277	10720	1,03	Палачная	177
Кашан	252	6990	0,58	Село Гулжа	99,6
Сумбар	247	1120	1,18	В конце	202,8
Чендир	146	1868	0,14	В конце	24
Чачечай	89	1440	0,4	Село Чаче	68,76
Манечай	86	978	0,46	Село Мане	7,9
Келетчай	72	455	0,33	Станция Душак	56,7
Койтен деря	71	1013	0,7	Гуршунмагдаг пред.	120
Лайлысув	56	250	0,64	Село Хивабад	109
Келетчынар	34	364	0,14	В конце	24
Повризе	31,1	480	0,35	Фирюза	60,15
Секизяп	25,4	952	0,79	В конце	136
Алтыяп	13,4	252	0,62	Чули	106,5

Однако, в результате перекосов в ценовой политике (в Советский период стоимость 1 кВт час обходилось сельскому потребителю в 1 коп.), недостаточного внимания, уделявшегося совершенствованию конструкции оборудования, применению более совершенных материалов и технологии и прогрессивных конструкции гидротехнических сооружений, использование энергии малых рек, а в настоящее время их количество в мире увеличилось. Вместе с тем постоянный рост цен на органическое топливо приводит к значительному росту цен на электрическую энергию в мире, доля которой в себестоимости производимой продукции достигает 20 и более процентов. Помимо этого, одним из основных достоинств объектов малой энергетики является их экологическая безопасность. В процессе их сооружения и последующих эксплуатации обеспечивается сохранение окружающей природы, отсутствует результатов строительства на свойства и качество воды, и, тем самым, обеспечивается возможность сохранения рыбозначимости водоемов, а также источников водоснабжения населения.

На равнинной части страны поверхностный сток практически отсутствует. На отдельных участках, сложенных такырами (ровная местность, где совершенно отсутствует всякая растительность) и такыровидными почвогрунтами, где выпадает больше 3-5 мм осадков в виде дождей, образуется эпизодический поверхностный сток объемом 2-12 тыс. м<sup>3</sup>/км<sup>2</sup>, который играет важную роль в водообеспечении пустыни.

На возвышенностях и в горах, где количество осадков увеличивается, мощность снежного покрова возрастает, в результате образуются стоки. В течение года расход воды на реках Копетдага не превышает 0,2-0,5 м<sup>3</sup>/сек, в период ливневых дождей возрастает до 5-10 м<sup>3</sup>/сек [2-7,11-19]].

Одним из наиболее эффективных направлений в развитии возобновляемых источников энергии в Туркменистане является использование энергии небольших водотоков с помощью микро- и малых ГЭС (до 10 МВт).

В настоящее время в мире очень широко применяются малые автономные ГЭС, выпускаемые зарубежными фирмами Японии, США, России.

Как известно, зона децентрализованного энергоснабжения не везде устаревает нормам устойчивого развития ЛЭП, обходится очень дорого по расчетам 16-25 тыс. долларов США.

Основные технологические характеристики микрогидроэлектростанции (МГЭС) приведены в таблице 2 [2-5,8-19]. Каждая из установок по своим техническим характеристикам может найти применение с учетом условий рек.

Модель портативных, но при этом относительно мощных гидрогенераторов, разработана компанией Bourne Energy (Backpack Power Plant //http://www.bourneenergy.com//). Особенность этого проекта в отсутствии плотины. Небольшие турбины речных ГЭС, по замыслу авторов, должны "висеть" в потоке на тросах, натянутых между берегами [14-16,22].

Таблица 2.

### Технологические характеристики микрогидроэлектростанции (МГЭС)

Параметры Технические Характеристики МГЭС	Мощность, кВт	Напор, м	Расход м <sup>3</sup> /с	Частота вращения, мин <sup>-1</sup>	Номиналь- ное на- пряжен- ия, В	Номи- нальное частота тока, Гц
С пропеллером тур- бинами МГЭС 10 Пр МГЭС 50 Пр	0.6-4.0 10-50	2.0-4.5 4.0-10	0.07-0.14 0.36-0.8	1000 600,750	230 230	50±2.5 50±2.5
С диагональными трубами МГЭС 50D МГЭС 100D	10-50 до 100	10-25 25-55	0.05-0.28 0.19-0.25	1500,3000 3000	230-400 230-400	50±2.5 50±2.5
С пропеллерными турбинами ГА 1 Пр30	100-330 до290	3.5-9.0 4-30	2.3-6.2 0.38-1.3	200-350 750-1500	400,600 230/400	50±2.5 50±2.5
С радиально- осевыми трубами ГА 2 ГА 11	1000 580	30-100 80-160	0.4-1.2 1.0-4.3	1000,1500 750,1000	400,6000 6000,10000	50±2.5 50±2.5
С ковшами трубами ГА 5 ГА10	145-620 280-3000	150-250 200-450	0.13-0.33 0.19-0.9	500-600 750-1000	400,6000 400,10000	50±2.5 50±2.5

Для установки гидроэлектростанции в рюкзаке пользователь должен вырыть пару небольших траншей на берегах и закрепить в них идущие в комплекте якоря, соединённые синтетическим тросом. Длина аппарата составляет 0,9 м, вес – примерно 13 кг, а номинальная мощность – 500 Вт (при течении 2,3 м/с). В её торпедообразном корпусе поместились собственно генератор, управляющая электроника с датчиками и система охлаждения.

Для монтажа такой микро-ГЭС достаточно участка реки или ручья с глубиной более 1,2 метра. Кроме того, миниГЭС приспособлена для подсоединения к сети мощностью в десятки киловатт.

В последнее время была создана более совершенная версия миниГЭС. Она весит 11 кг, выдаёт в сеть до 600 Вт, неплохо работая даже в слабом потоке. Этот агрегат разбирается на три основные части, которые плотно упаковываются в большой рюкзак. Данный аппарат можно монтировать и на дне реки, что обеспечивает его скрытность.

При серийном производстве эти электростанции должны стоить всего 3000 долл. США. А уже осенью нынешнего года планируется запустить в мелкосерийное производство «проточный» гидроагрегат на 50 кВт при течении в 2 м/с. Он также должен удерживаться на месте работы тросом, а оптимальную глубину погружения ротора ему гарантирует поплавок, остающийся на поверхности.

### ***Расчеты гидроэнергетического потенциала***

Оценки валового гидроэнергетического потенциала отдельных регионов целесообразно проводить путем расчетов потенциала по створам, ограниченными устьями притоков отдельных рек для условий 50% обеспеченности стока, выделяя водосборные бассейны на картах соответствующего масштаба и затем выполнять расчеты суммарного значения гидроэнергетического потенциала на территории региона приведены в моих научных статьях [7-9].

*Масштаб оценок ГЭП малых рек небольшой территории (бассейн реки 3-4 порядка)* позволяет проводить более уточненные расчеты, используя следующие гидрологические характеристики: гидрографические характеристики (длины водотоков, площади водосборов, средний уклон русла, озерность, лесистость, заболоченность водосбора), средний уклон русла наиболее крупных частей при больших градиентах уклона. Среднемноголетнее значения стока в устьевых и характерных участках рек, определенные с использованием региональных карт модуля стока. *Для вычисления требующихся показателей значения расходов воды 50% и 95 % обеспеченности необходимо построение региональных кривых обеспеченности стока, вид которых определяется значениями коэффициентов вариации и асимметрии.* Рекомендуется оценить также внутригодовое распределение стока, характерное для многоводных, средних и маловодных лет [3-10].

Более точные оценки необходимых значений стока, требуемых для гидроэнергетических расчетов конкретной малой реки, выбора перспективных створов МГЭС (микроуровень) могут быть получены путем подробных гидрологических расчетов и, в случае необходимости, наблюдений и изысканий на местности с соответствием с принятыми в инженерной гидрологии методиками [3-15,22].

***Расчет технико-экологического и экологического потенциала малой гидроэнергетики открытого естественного водотока.*** В качестве примера рассмотрена р. Н. Общая расчетная длина водотока — 37,5 км от истока (нулевой створ) до места ее впадения в р. К (конечный створ).

Предварительно был проведен расчет валового потенциала водотока по методике, описаны [7-9]. Весь водоток был разбит на 11 участков, для каждого из которых были рассчитаны значения среднегодовых расходов 50 % обеспеченности, соответственно, определены координаты уровней воды в реке 11 створов для расчета гидропотенциала. Водно-энергетический кадастр водотока р. Н. (таблица 3).

Кадастр р. Н представлен в таблице 3. Из таблицы 3 следует, что валовой потенциал водотока составляет 570.53 кВт или 4997.8 МВт \* ч. Данный водоток может быть полностью отнесен к категории малой гидроэнергетики [2-5, 18-22].

Далее рассчитывается схема каскадного использования р. Н при заданных требованиях социально-экологического характера, представленных в ряде координат «красной линии» вдоль водотока. Предполагалась возможность реализации на русловых МГЭС по водотоку любого напора более 0.8 м.

Для каждого створа считаются заданными:

характеристики верхнего и нижнего бьефов (с учетом зимних условий — образования льда);

характеристики потерь воды на испарение и образование льда;

постоянные значения коэффициента мощности  $k_N = 8.20$ ;

гидрографы расходов для ряда лет наблюдений по длине водотока  $Q_p(L, t)$ ;

напоры агрегатов (Я,) равны геометрическому напору на ГЭС ( $H_{ГЭС}$ ), т.е. не учитывается эффект эжекции.

Результаты расчета для наглядности обычно представляются в графическом виде, представлены в научных работах [17,20,24]. Очень «жесткие» ограничения по уровням бьефов в сомкнутом каскаде русловых МГЭС по водотоку обусловили наличие незначительного числа ступеней каскада. В качестве основного расчетного начального створа принят конечный створ с координатой 37.5 км. Были также проведены расчеты и для других конечных створов — 36.6 км и 32.8 км. Они показали, что выбор расчетного створа мало влияет на ступени каскада в рассматриваемом случае. Диапазон напоров МГЭС каскада изменяется от 0.1 до 4.0 м. Участок верховьев водотока с очень низкими напорами (до 0.8 м) был исключен из рассмотрения (участок от 0 до 4.2 км).

Таблица 3.

**Исходные данные для расчета валового гидроэнергетического потенциала р. Н.**

№ створа	Расстояние от начального створа L, км	Расход воды в створе Q, м <sup>3</sup> /с	Отметка уровня воды в створе $\nabla$ , м
1	0.00	0.04	185.0
2	3.30	0.22	181.0
3	3.37	0.41	180.8
4	11.10	0.58	171.3
5	11.20	0.93	171.0
6	23.10	1.05	154.4
7	23.15	1.14	154.3
8	23.65	1.20	154.0
9	23.75	1.37	153.8
10	30.75	1.45	144.9
11	37.50	1.63	130.0

Для каждого расчетного створа проведены водноэнергетические расчеты с учетом заданной гидрологической информации с расчетными интервалами, равными 1 месяцу.

Величина установленной мощности для каждого створа найдена по методике, описанной выше, т.е. для обеспеченности 75%. Для этого значения мощности были найдены значения расчетного по мощности напора и максимальной пропускной способности МГЭС.

Таблица 4.

**Водноэнергетический кадастр водотока р. Н.**

№ створа	$\nabla_j$	$L_j$	$Q_j$	$l_{j,j-1}$	$H_{j,j-1}$	$\bar{Q}_{j,j-1}$	$N_{j,j-1}$	$i_{j,j-1}^N$	$N_j$
	м	км	м <sup>3</sup> /с	км	М	м <sup>3</sup> /с	кВт	кВт/км	кВт
	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	185.00	0.00	0.04	3.30	4.0	0.13	5.10	1.55	0
2	181.00	3.30	0.22	0.07	0.2	0.32	0.62	8.83	5.10
3	180.80	3.37	0.41	7.73	9.5	0.50	46.13	5.97	5.72
4	171.30	11.10	0.5S	0.10	0.3	0.76	2.22	22.22	51.85
5	171.00	11.20	0.93	11.90	16.6	0.99	161.22	13.55	54.07
6	154.40	23.10	1.05	0.05	0.1	1.10	1.07	21.48	215.29
7	154.30	23.15	1.14	0.50	0.3	1.17	3.44	6.89	216.36
8	154.00	23.65	1.20	0.10	0.2	1.29	2.52	25.21	219.81
9	153.80	23.75	1.37	7.00	8.9	1.41	123.11	17.59	222.33
10	144.90	30.75	1.45	6.75	14.9	1.54	225.10	33.35	345.43
11	130.00	37.50	1.63						570.53

По итогам выше приведенных экоэнергетических расчетов реки можно сделать следующие выводы:

по предварительным расчетам гидроэнергетических ресурсов и ее экологический потенциал по малой ГЭС при годовой выработке электроэнергии – 20, 0 тыс. кВт ч в год, эквивалентный расход топлива равна – 8,1 т/год, ожидаемое сокращение по выбросам вредных веществ в атмосферу при использовании 10 кВт гидростанцию составит: SO<sub>2</sub> – 165,3; CO – 11,9; NO<sub>x</sub> – 90,1; CH<sub>4</sub>– 24,7; CO<sub>2</sub> – 12772,3; твердых веществ – 16,83 кг в год. Графическая гистограмма экологического потенциала представлен на рис. 1.

Методика расчета технико-экологического потенциала малой гидроэнергетики для естественных водотоков приведены в моих научных статьях [7-10].

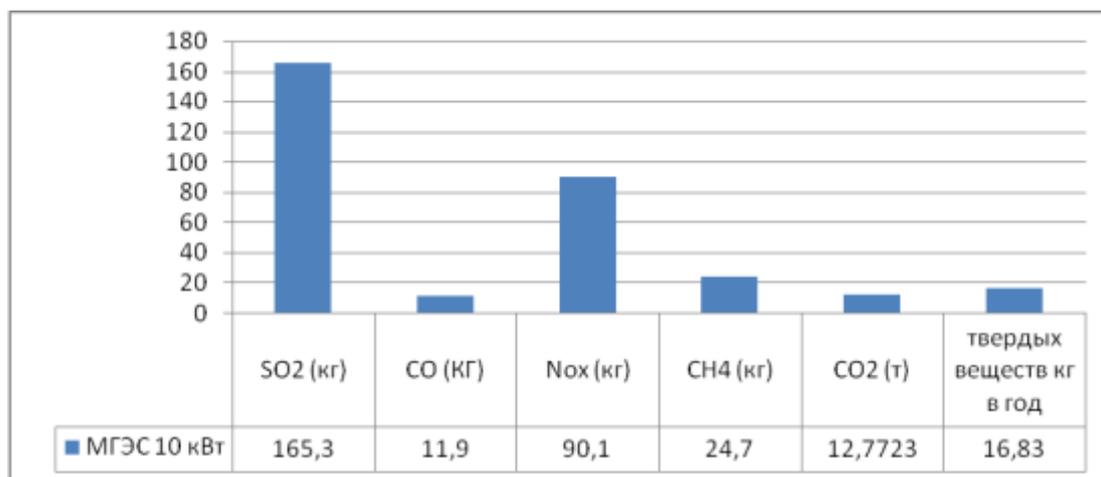


Рис.1. Экологический потенциал 10 кВт малой ГЭС в год.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Особенностью современного состояния научно-технических разработок и практического использования ВИЭ является пока еще более высокая стоимость получаемой энергии (тепловой и электрической) по сравнению с энергией, получаемой на крупных традиционных электростанциях. Тем не менее, из выше приведенных аналитически-информационных исследований ГИС и научно обоснованных результатов ГИС технологии, в Туркменистане имеются обширные районы, где по экономическим, экологическим и социальным условиям целесообразно приоритетно и преимущественно развитие возобновляемой энергетики.

Существующие методы оценки потенциала ресурсов ВИЭ без применения геоинформационных технологий позволяют получать точечные результаты либо на основе данных для исследуемой площадки, либо на основе усредненных данных для какой либо территории (города, района, республики или страны в целом). Результаты таких расчетов отражены в многочисленных справочниках. Они дают общую оценку наличия ресурсного потенциала ВИЭ. Такая оценка важна с точки зрения определения энергетических перспектив региона, и дает ответ на вопрос: «есть ли смысл развивать тот или иной сектор нетрадиционной энергетики?». Однако, ответа на вопрос: «где конкретно следует разместить энергетические установки для достижения максимального экономического и экологического эффекта?» из справочников получить не возможно.

Для принятия решений о возможности и целесообразности строительства энергетических объектов на конкретной площади необходимо провести комплекс научно-исследовательских работ (в том числе проведение измерений ресурсных параметров), позволяющий оценить экономический и экологический эффект от внедрения в энергетический баланс новых объектов. Покрыть всю территорию рассматриваемого региона такими работами с определенным шагом не представляется возможным. Поэтому важнейшая роль инструмента геоинформационного моделирования в развитии возобновляемой энергетики видится том, чтобы с его помощью оконтурить перспективные районы, которые могут быть приняты к подробному исследованию на предмет строительства энергетических объектов.

**Выводы.** В статье сделан информационный аналитический обзор и рассмотрены основы использования геоинформационных систем и технологии в развитии возобновляемых источников энергии на примере Туркменистана, изучены и приведены примеры различных авторов и свои расчеты по использованию ГИС технологии. Предлагает провести научные исследования по применению ГИС в возобновляемой энергетике возможности для развития устойчивого развития в энергетических программах страны.

Создание атласа предназначен для широкого публичного использования, будет обладать простым интерфейсом и бесплатно доступен в сети Интернет. С помощью ГИС технологий можно решать ряд задач: информирования, внедрения и использования возобновляемых источников энергии и создания благоприятного условия в отдаленных местностях, решения экономических и экологических задач для устойчивого развития, особенно в отдаленной пустынной местности одним из сдерживающих факторов развития этой территорий пастбищного животноводства.

Из приведенных теоретических и практических расчетных результатов созданных основ ГИС технологии и карт можно решать ряд технологических задач. Но при проведении более глубоких научных исследований для использования ГИС технологии должны быть **предусмотрены** следующее:

- представить в ГИС большой массив информации об инфраструктурных элементах возобновляемых источника энергии с отображением различных видов возобновляемых энергоресурсов;
- создать инструменты для моделирования работы систем возобновляемой энергетики и отображения – в том числе и в картографическом виде – его результатов;
- рассчитать валовый, технический, экономические, экологические потенциалы возобновляемых источников энергии местности.

На первом этапе моих исследований в настоящий момент решаются задачи обзорного характера с разработкой архитектуры ГИС «Возобновляемые источники энергии» для регионов Туркменистана, подробный анализ и структурирование существующих, своих и фактологических источников для подготовки баз данных приведенных на схемах 1- 4.

Создание геоинформационной системы и технологий по возобновляемым источникам энергии для отдельных регионов Туркменистана и, в целом, для всей страны могло бы стать серьезным шагом в развитии этой области.

Из рассмотренного аналитического обзора, теоретических, методических и практических расчетных базы данных для ГИС технологий по использованию возобновляемых источников энергии в Туркменистане вытекают следующие **выводы**:

1. Предложена методика расчетов возобновляемых энергоресурсов 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 энергетики с целью ослабления негативного влияния парниковых газов на окружающую среду; оценить динамику изменения выбросов парниковых газов в энергетике для ГИС.

2. 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 CO<sub>2</sub>. Это позволит оценить конкурентоспособность рассмотренных проектов относительно квот в регионе и проранжировать их по степени привлекательности для инвесторов, заинтересованных в получении квот по сокращенным выбросам для экологического бизнеса.

3. На основании математических преобразований и полученных эмпирических формул, где учтены валовый, технические, экономические, экологические потенциалы 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 областях Туркменистана.

4. Основы теоретических исследований и методических расчетов солнечно – энергетических ресурсов с учетом интенсивности солнечного излучения, альbedo, географических, климатических и неблагоприятных погодных условий получены энергетические потенциалы на 1 квадратный метр Юго-Восточной территорий Туркменистана составляет: валовый потенциал - 1895,9 кВт ч/ м<sup>2</sup> год; технический потенциал преобразования в тепловую энергию -1296,8 кВт ч/ м<sup>2</sup> год, в электрическую энергию - 248,5 кВт ч/ м<sup>2</sup> год. Подробные результаты расчетов по месяцам приведены в таблице 2,3.

5. Техничко-экономические и теоретические расчеты экономического потенциала позволят составить технико-экономическое обоснования для строительства солнечно-энергетической станции (установки) или сооружения. Внедрения их дадут возможность экономии органического топлива от преобразования в тепловую -1378,1 кВт ч/ год и в электрическую энергию – 269,2 кВт ч/год.

6. Экологические потенциал солнечно-энергетических установок в Туркменистане представлены в таблице 2,3. Ожидаемый экологический потенциал сокращение выбросов различных вредных веществ в окружающую среду в Юго-восточной территорий 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<sub>2</sub> – 2,06; оксид азота NO<sub>x</sub> –1,11; оксид углерода CO-0,144; метан CH<sub>4</sub> –0,303; двуокись углерода CO<sub>2</sub> –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<sub>2</sub> – 10,78; NO<sub>x</sub> – 5,8; CO-0,754; CH<sub>4</sub> –1,58; CO<sub>2</sub> –829,34; твердых веществ – 1,13 кг/год.

7. Составленная ветроэнергетическая карта ветроресурсов, дала предварительную оценку мероприятий по сокращению выбросов в энергетике от использования ветроустановок с одного метра квадратного площади.

8. Представленные расчеты, составленная карта экоэнергетических ресурсов использование ветроэнергетических установок на территории Туркменистана будет эффективным, доступным средством энергосбережением и обеспечение экологической безопасности окружающей среды. При средней годовой выработке ветровая энергии 900 Вт/м<sup>2</sup> с удельной мощностью на 1 кв. м и при эквиваленте расхода топлива - 0,36 Кг/год, то сокращение вредных выбросов составит: SO<sub>2</sub> –7.5 кг/год ; NO<sub>x</sub> – 4,1 кг/год; CO-0,6 кг/год; CH<sub>4</sub> –1,2 кг/год; CO<sub>2</sub> –575,2 кг/год; твердых веществ - 0,9 кг/год.

9. Перспективным направлением является расширение использования геотермальных вод в лечебных и санаторных учреждениях Туркменистана, а также для обогрева помещений, в тепличных хозяйствах и т.д. Основные запасы геотермальных вод в стране относятся к категории низкопотенциальных, они являются главными и будут таковыми в обозримом будущем для сельского и коммунального хозяйства (теплоснабжение жилых промышленных зданий), бальнеологии и химии. Снабжение холодом помещений, зданий, учреждений – проблема сложная и далеко еще не решенная для среднетермальных вод с температурой 70 - 100°C. Эти воды найдут применение для отопления и горячего водоснабжения жилых зданий, тепличных хозяйств; интенсификации нефтеотдачи плотов на месторождениях высокопарафиновой нефти; извлечения редких и рассеянных элементов: йод, бром, бор, стронций, цезий и т.д.

10. Для теплиц с типовой системой водяного отопления и теплоносителем 70-95 °C при использовании геотермальных вод 50—60 °C мощность дополнительной системы воздушного отопления — 30—40 % расчетной. Расход тепла воздушной системой за год не превышает 7 % общего расхода на отопление теплиц. Например, доли теплотерь теплицы можно покрыть за счет возобновляемых источников энергии покрыть. Совместно используя солнечную энергию и энергии геотермальных вод при различных режимах работы теплицы: солнечная радиация – 15,1%, воздушный обогрев – 29,6%, почвенный обогрев – 24,5%, совмещенный обогрев – 69,2%. Рассмотренные ГИС технологии приемлемы как для типовых систем отопления и нагревательных приборов, так и для конструкций тепличных хозяйств в Туркменистане и других странах мира.

11. В результате расчетов от 10 кВт малых ГЭС выявлено экоэнергетические потенциалы: экономия расхода топлива 8 тонн; выработка электроэнергии 20 тыс. кВт ч/год; экологический потенциал сокращения составляет: SO<sub>2</sub> – 165,3; CO – 11,9; NO<sub>x</sub> – 90,1; CH<sub>4</sub> – 24,7; CO<sub>2</sub> – 12772,3; твердых веществ – 16,83 кг в год.

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. Проблемы освоения пустынь. Изд-во «Ылым», 2012. 340 с.
3. Байрамов Р., Сейткурбанов С. Опреснение с помощью солнечной энергии. Под ред. В.А. Баума. Ашхабад, «Ылым», 1977. 148 с.

4. Берштейн Л.С., Целых А.Н. Гибридная экспертная система с вычислительным модулем для прогноза экологических ситуаций. Труды международного симпозиума "Интеллектуальные системы - ИнСис - 96", Москва, 1996 г.
5. Дьяченко Н.В. Использование ГИС-технологий URL: <http://homepage.buryatia.ru/rmeic/gis.htm>
6. Виссарионов В.И., Дерюгина Г.В., Кузнецова В.А., Малинин Н.К. Солнечная энергетика. М: МЭИ, 2008. - 276 с.
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 между. 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 между. н/т конф. «Энергообеспечение и энергосбережение в сельском хозяйстве». Часть 4. М.: ГНУ ВИЭСХ, 2008. С. 314-322.
12. Пенджиев А.М. Геоинформационная технология использования возвратных вод Туркменского озера «Алтын асыр» // Альтернативная энергетика и экология – ISJAEE. 2014. № 13. С. 129–150.
13. Пенджиев А.М. Изменение климата и возможности уменьшения антропогенных нагрузок. Монография. LAMBERT Academic Publishing, 2012
14. Пенджиев А.М. «Экологические проблемы освоения пустынь». Монография, Издатель: LAP LAMBERT Academic Publishing 2014, - 226 с. ISBN: 978-3-8433-9325-6
15. Пенджиев А.М. Планирование развития фотоэнергетики в Туркменистане // Экологическое планирование и управление. 2007. № 4. С.
16. Пенджиев А.М. Ожидаемая эколого-экономическая эффективность использования фотоэлектрической станции в пустынной зоне Туркменистана // Альтернативная энергетика и экология – ISJAEE. 2007. № 5. С. 135–137.
17. Пенджиев А.М. Экоэнергетические ресурсы солнечной энергии в странах сотрудничества независимых государств// Альтернативная энергетика и экология – ISJAEE. 2013. № 5. С. 13-30.
18. Пенджиев А.М. Концепция развития возобновляемой энергетики в Туркменистане// Международный научный журнал «Альтернативная энергетика и экология» № 08 (112) 2012. С.91-102.
19. Пенджиев А.М., Астанов Н.Г., Пенджиев М.А.. Использование солнечно-энергетических установок в заповедных зонах туркменистана для улучшения аридной экосистемы //Международный научный журнал «Альтернативная энергетика и экология» № 12 (104) 2011. С.26-32.

20. Пенджиев А.М.. Возобновляемая энергетика и экология (обобщение статей)//Международный научный журнал «Альтернативная энергетика и экология» № 08 (148) 2014. С. 45-78

21. Пенджиев А.М. Механизм чистого развития: приоритеты энергоэффективности в Туркменистане. // Международный научный журнал «Альтернативная энергетика и экология» № 10 (78) 2009с142-148.

22. Пенджиев А.М. Экономический, технический и экологический потенциалы солнечной энергии в пастбищных районах Туркменистана.// Труды 7-й Межд. науч.-техн. конф. «Энергообеспечение и энергосбережение в сельском хозяйстве». М.: ГНУ ВИЭСХ, 2010. Часть 4, с .95-105.

23. 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

24. Стребков Д.С., Пенджиев А.М.,Мамедсахатов Б.Д. Развитие солнечной энергетики в Туркменистане. Монография. М.: ГНУ ВИЭСХ, 2012.

25. Струков Д.Р. Проект системы медико-экологического мониторинга окружающей среды на базе ГИС. [www.gisa.ru](http://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. Научно - прикладной справочник по климату СССР. Серия 3, ч.1-16, вып. 1-30, Л.: 1989, 502 с.

30. Парниковый эффект, изменение климата и экосистемы. - Л.: Гидрометеоиздат,1989.

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. URL: [http:// www. gis. Su](http://www.gis.Su)

— ● —



Pendzhiev A. M., Gurbanov Je. H. Osnovy geoinformacionnoj sistemy v razvitii maloj gidrojenergetiki Turkmenistana / A. M. Pendzhiev, Je. H. Gurbanov // Nauka. Mysl'. - № 3. – 2015.

© А.М. Пенджиев, 2015.

© Э.Х. Гурбанов, 2015.

© «Наука. Мысль», 2015.

— ● —

**Abstract.** In article bases of use of geoinformation system and technology which will allow to analyze operatively and in detail available geographical adhered information of various alternative power variants are considered. It can assess the possibilities of use of small hydropower resources and create a database in the field of the power supply for difficultly accessible remote settlements of the country. By means of theoretical calculations the map of small water-power engineering resources for GIS is developed and power, economic, ecological priorities for realisation of government programs of Turkmenistan on the basis of renewed sources of power are proved.

**Keywords:** renewed power, hydropower resources, geoinformation systems, technologies, technical, economic, ecological potential ecology, ecobusiness, Turkmenistan



### Сведения об авторах

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

Эркин Х. **Курбанов**, инженер Корпорация «Куват» Туркменистан, Ашхабад.



Подписано в печать 02.12.2015.

© Наука. Мысль, 2015.