

Технические науки

УДК 004.6; 528; 004.8; 621.383; 621.472; 373:91

ОСНОВЫ ГЕОИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ В РАЗВИТИИ ГЕОТЕРМАЛЬНОЙ ЭНЕРГЕТИКИ В ТУРКМЕНИСТАНЕ¹

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

Д. А. Пенджиева, компания «Шлюмберже» (Ашхабад, Туркменистан)

Аннотация. В статью заложены основы использования геоинформационной системы (ГИС) и технологии, которая позволит оперативно и подробно анализировать имеющейся географические привязанные информации различных альтернативных энергетических вариантов. Оценит возможности использования энергетических ресурсы геотермальных вод и создать базу данных в области энергообеспечения. С помощью теоретических, практических расчетов составлена карта геотермальных энергетических ресурсов для ГИС и обоснованы энергетические, экономические, экологические потенциалы Туркменистана.

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

Введение

Актуальность проблемы. Рациональное использование топливно-энергетических ресурсов представляет собой одну из глобальных мировых проблем, успешное решение которой будет иметь определяющее значение не только для дальнейшего развития мирового сообщества, но и для сохранения среды его обитания в биосфере. Одним из перспективных путей решения этой проблемы является применение новых энергосберегающих технологий, использующих нетрадиционные возобновляемые источники энергии.

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 [1].

Выступая на выездном заседании Кабинета Министров 12.06. 2009 г. Президент Туркменистана Гурбангулы Бердымухамедов отметил: « К приоритетным направлениям, на развитие которых надо сконцентрироваться в первую очередь, относятся: электроэнергетика, вопросы изучения и широкое использование альтернативных источников энергии (солнца, ветра, геотермальных вод, биогаза и др.); выведение новых сортов сельскохозяйственных культур, научные основы повышения урожайности, повсеместная организация тепличных хозяйств;» [1].

¹ Рецензент: П.А. Назаров - доктор технических наук, профессор Туркменского государственного архитектурно-строительного института (Ашхабад, Туркменистан).

Тепличное хозяйство — самая энергоемкая сельскохозяйственное сооружение, поэтому целесообразность обогрева их геотермальными водами очевидна. Геотермальные ресурсы занимают одно из первых мест по своему суммарному теплоэнергетическому потенциалу и концентрации в пределах перспективных регионов. Вместе с тем достоверная оценка объёмов вовлечения геотермальных ресурсов в топливно-энергетический баланс представляет собой достаточно сложную научно-техническую проблему. Ее решения сопряжена с необходимостью учета комплекса природных (геологических, гидрогеологических, геотермических и др.), технических, технологических, экологических и, наконец, экономических условий, параметров и показателей. Тем не менее, к настоящему времени накоплен определенный отечественный и зарубежный опыт, позволяющий достаточно обоснованно подойти к оценке ресурсов геотермальной энергии, возможных и экономически целесообразных объёмов их использования в нефтегазовой отрасли, сельском хозяйстве в ряде других отраслях Туркменистана [3,4,7-19].

В этой связи одной из важнейших научно-технических проблем народного хозяйства в энергетической отрасли является обеспечение информацией 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).

Изучение неравномерностей пространственного распределения потенциала ВИЭ, в частности геотермальных вод 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 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 [5,6-16,22].

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 будут учитываться различия в плотности исходных данных параметров, влияющих на значение потенциала источников возобновляемых энергоресурсов, и каждый параметр будет рассмотрен отдельно в процессе иерархического решения поставленных задач.

Целью и задачей статьи является создания основ разработки геоинформационной системы, технологий на основе ВИЭ и обеспечение информационного, программного геоинформационного моделирования для решения ряда задач по оценке пространственного

распределения возобновляемых энергоресурсов, в частности распределения геотермальных энергетических ресурсов на территории Туркменистана.

Научная новизна. Предложены принципы построения новой ГИС технологии и создана основы для решения задач комплексной оценки возобновляемых экоэнергоресурсов потенциала Туркменистана, которая имеет территориальную привязку. Впервые с применением геоинформационных технологий построена энергетическая карта потенциала и рассчитаны технически доступность геотермальным энергетическим ресурсам для энергоснабжения и для реализации государственных программ развития тепличных хозяйств в Туркменистане на основе возобновляемых источников энергетики.

I. Основы по геотермальной энергетике в рамках разработки ГИС

Информационный обзор работ по ГИС. Геоинформационные системы (ГИС) являются классом информационных систем, имеющим свои особенности с учетом закономерностей геоинформатики и методов. Геоинформационные технологии предназначены для повышения эффективности: процессов управления, хранения и представления информации, обработки и поддержки принятия решений [5,6,22].

Полное, на высокопрофессиональном научном уровне изложение всех основ создания и использования ГИС дано: по геодезической и математической основе в работе [4]; по вопросам создания базовых карт и цифровых моделей, решения на их основе разнообразных задач и выполнения исследования по картам в работах [3-5, 7-13] по вопросам места ГИС среди технических систем, системного анализа, организации данных в ГИС, применения баз данных в ГИС в работах [3-6]; по вопросам многоаспектного применения ГИС, по инструментальным системам, элементам топологии данных в ГИС, качества информации, цифрового моделирования в работах [6,7]; по вопросам интеграции данных ГИС и систем обработки данных дистанционного зондирования в работах [5,6, 22]; по вопросам стандартизации и тестирования в работах [5-12] по вопросам защиты информации в ГИС в работах [6,8-12,15,16]. ГИС имеет ряд особенностей, которые необходимо учитывать при изучении этих систем.

Основными внутренними данными ГИС являются базовые цифровые карты и цифровые модели, теоретической основой, которых являются положения и методы создания и использования их геодезической и математической основы, все элементы которых построены в единой геодезической системе координат, проекции, размерности и системе мер. При создании и использовании карт, являющихся базой построения данных ГИС, рассматривают и используют геодезическую систему координат и плоские прямоугольные координаты картографических проекций исходных материалов, геодезические координаты и проекции создаваемых базовых карт, на основе которых осуществляется построение цифровых моделей в ГИС и практически реализуются все задачи ГИС. Все основные положения создания и использования геотермальных вод и составление электронных карт ГИС кратко даны в статьях [5,6,22].

ГИС- электронная картография. В отличие от бумажной карты, **электронное картографирование**, содержит скрытую информацию, которую можно использовать по мере необходимости.

Решаемые задачи. ГИС общего назначения обычно выполняет несколько задач: ввод данных; манипулирование и управление ими; информационный запрос и его анализ; визуализация данных.

Краткий обзор средств разработки ГИС технологии. Универсальное и наиболее распространенное средство для создания ГИС ARC/INFO- Arcview служат для обеспечения компьютерного картографирования и оперативного принятия решений. [4-6].

Полнофункциональная оболочка географических информационных систем среднего класса ATLAS GIS содержит все обычные средства ввода, редактирования в печати, рисования карт, развитые презентационные средства (полное управление цветами и штриховками, создание и редактирование символов, многочисленные вставки, тематическое картографирование, бизнес-графику). [4-6,15].

При разработке ГИС-приложений среда разработки MapInfo Professional обеспечивает доступ к базам данных Oracle8i, хранилищам данных на сервере и управление ними, создание тематических карт, создание и запись SQL-запросов. Кроме того, эта среда разработки поддерживает растровые форматы, включая BMP, JPG, TIFF, MrSID, имеет универсальный преобразователь для форматов AutoDesk, ESRI и Intergraph. Начиная с версии 6, обеспечивается поддержка Интернета и трехмерных изображений, а также усовершенствованы средства геокодирования информации [4-6,15,16].

Еще одна популярная среда разработки AutoCAD Map обладает всеми инструментами программы AutoCAD 2000, а также специализированными возможностями для создания, отслеживания и производства карт и географических данных. Существуют целый комплекс ГИС систем с программным обеспечением: ГИС ИнГЕО - система, Система ТороL, MapXtreme и многие другие [5-16,22].

Недостатком существующих продуктов компаний, характеризуется наличием постоянно обновляемой базы данных, увеличения емкости памяти, профессионализм специалиста, 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 и недостаточен конкретных результатов по использованию ВИЭ установок, так как каждая возобновляемая энергетическая установка имеет свою особенность, назначение, применение и энергетические ресурсы.

Наглядным примером для дальнейшего использования и развития ГИС технологии в геотермальной энергетике является опыт Российских ученых по картографированию на основе ГИС технологий пространственного распределения плотности геотермальных ресурсов в Дагестане [6].

При решении рассматривали следующие крупные задачи и на основе разработали: основу построения специализированной системы трехмерного геоинформационного моделирования (СТГМ); систему организации данных в СТГМ; функциональные модули и модули визуализации данных в СТГМ, составили алгоритмическое и программное обеспечение СТГМ необходимо обеспечить пространственное распределения плотности геотермальных ресурсов Туркменистана.

Принцип нового построения, технологии программно-алгоритмической реализуется специализированной системой трехмерного геоинформационного моделирования. Решения задач комплексной оценки ресурсов ВИЭ опирается на концепцию приведенную на рисунке 1 построения специализированной ГИС в виде системы трехмерного геоинформационного моделирования (СТГМ), должны отвечать следующим требованиям: Первое – обеспечение единого информационного поля для определенного объекта моделирования. Оно заключается в создании собственной системы координат объекта моделирования (с привязкой к географическим координатам) и в создании собственных банков данных.

Второе – унифицированные структуры данных, позволяющие хранить разнородную информацию и оперировать в рамках любого объекта моделирования для решения любой пространственной задачи. Третье – единые унифицированные правила функционирования системы по управлению объектом моделирования, библиотеками данных, визуализацией и операционными модулями, решающими задачи.

Обозначения на рис.1: ГД – генераторы данных, БРД – библиотека расчетных данных, БВД – библиотека визуализируемых данных, ГИД – генераторы-импортеры данных, ГРД – генераторы расчетных данных, ГВД – генераторы визуализируемых данных, ПР – проект.

На схеме рис. 1 разными цветами показана последовательность решения задачи в рамках геоинформационного моделирования, начиная от выбора объекта моделирования и заканчивая визуализацией результата. На рис. 2 представлена карта распределения потенциальных геотермальных ресурсов до прогнозной глубины бурения 5000 м. Согласно ей области красного цвета являются наиболее перспективными с точки зрения общего потенциала геотермальной энергии [6].

II. **Общая ГИС характеристика рельефа и геотермальные ресурсы Туркменистана.**

Рельеф обширной территории Туркменистана разнообразен. Образование основных форм рельефа, прежде всего, связано с историей геологического развития данной местности. Формы рельефа в дальнейшем были осложнены влиянием физико-географических факторов.

По характеру рельефа Туркменистан делится на две неравные части. Примерно 80 процентов его территории составляет равнина, а 20 процентов - горы и возвышенности.

По литологическому составу и разнообразию ландшафтов пустыни разделяются на: песчаные, песчано-галечниковые, щебнисто-гипсированные, каменистые, лёссовидные, глинисто-такырные и солончаковые пустыни. Для каждой из них характерен собственный почвенный и растительный покров [2,12-14]. Изучив ГИС строение рельефа, геологическое отложение, тектонические характеристики и природные ресурсы Туркменистана, немало важный интерес вызывает возможности использование геотермальных вод, как тепловой источник энергий страны.

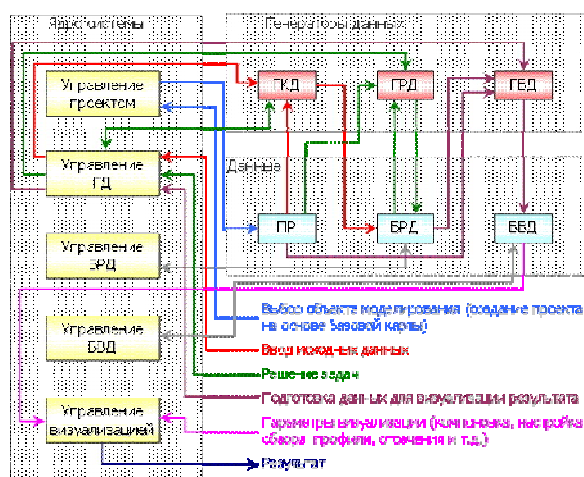


Рис.1.

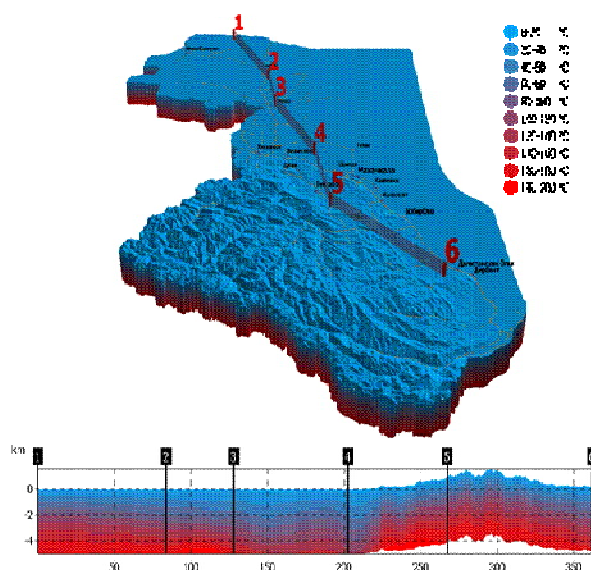


Рис.2.

Рис.1. Концепция построения системы трехмерного геоинформационного моделирования. Рис.2. Визуализация модели трехмерного температурного поля до 5000м в СТГМ.

Геологическое строение и отложения. Территория Туркменистана в течение миллионов лет подвергалась крупным геологическим преобразованиям. Начиная отложения верхнего палеозоя до четвертичного периода. Средняя палеозоя встречаются только в Дашогузском велаяте (области), то есть обнажаются в Кубадаге и состоят из гранитов, метаморфических сланцев и сильно измененных отложений девонского периода.

Геологические отложения различаются два геологические отложения: Каракумская эпигерцинская платформа; мезозой - кайнозойская (альпийская) складчатая область. Отложения четвертичного периода распространены по всей территории Туркменистана. К ним относятся морские, аллювиальные (речные), пролювиально-делювиальные (наносы временных водотоков), золотые и озёрные отложения.

Особенности геотермальной энергии в Туркменистане. В настоящее время принято выделять два основных класса геотермальных ресурсов: гидрогеотермальные и петрогеотермальные.

Классификация гидрогеотермальных ресурсов, которые представляют собой подземные воды в различном фазовом состоянии (горячая вода, пар и вода, пар), четко увязывается со сложившимися в гидрогеологии классификациями ресурсов и запасов подземных вод приведены в работах [4,8-18].

При эксплуатации термальных вод по традиционной технологии из недр извлекается: при фонтанной эксплуатации — $(2—10) \cdot 10^{-2} \%$, при насосной - $(7—56) \cdot 10^{-2} \%$ запасов термальных вод. При геодинамической технологии этот показатель достигает 20-30%, т. е. на много порядков выше. Коэффициенты извлечения тепла из недр составляют $(3—17) \cdot 10^{-3} \%$ при фонтанной эксплуатации, $(1-8) \cdot 10^{-2} \%$ - при насосной, увеличиваясь до 5-13 % при применении геодинамической технологии. Соответственно во много раз возрастают и прогнозные ресурсы термальных вод.

Следует также иметь в виду, что при применении традиционной технологии, в

отличие от геодинамической, задача экологически безопасного сброса «отработанного» теплоносителя должна решаться специально.

В целом, анализ опубликованных в отечественной и зарубежной литературе классификаций геотермальных ресурсов позволяет осуществить их сопоставление с Концепции развития возобновляемой энергетики в Туркменистане [8-20] видами, потенциала ВИЭ. Большой вклад внесли в изучение геотермальных ресурсов в Туркменистане ученые В.Ф. Борзасеков, А.В. Кудельский, Ф.А. Макаренко, В.И. Кононов, В.В. Колодий Э.И. Богуславский, Т. Аширов, Я.А. Ходжакулиев, Х. Бабаев, С. Шабердыев и многие др. [4-9].

Оценки ресурсов и запасов геотермальной энергии. Основные положения методики, базируются на принципах взаимозаменяемости топливных ресурсов и сопоставления ценности конечной продукции с затратами на ее получение. Методика позволяет делать прогнозные количественные оценки геотермальных ресурсов по фактору технической доступности.

Общие потенциальные геотермальные ресурсы оцениваются на основе допущения, что массив при добыче тепловой энергии может быть охлажден до температуры окружающей среды [4].

Технически доступные геотермальные ресурсы оцениваются исходя из следующих условий: массив в границах освоенной глубины бурения может быть охлажден до температуры, определяемой результатами оптимизации совместной работы ГЦС и подогревающей котельной или директивными требованиями потребителя по поступающей к нему и сбрасываемой воде. Если средняя температура массива меньше температуры воды, направляемой к потребителю или на дозревающую установку, расчеты следует вести по соответствующим формулам.

На данном этапе разработки методики не учитывалась возможность дополнительного извлечения теплоты недр при утилизации теплоносителя за пределами расчетного срока службы ГЦС. Эта часть ресурсов принималась в запас надежности полученных оценок.

Экономически эффективные геотермальные ресурсы складываются из двух составляющих: теплосодержания рабочего горизонта со средней температурой пород, близкой к потребностям заказчика при условии равных или меньших приведенных затрат на добычу теплоты недр по сравнению с затратами на другие сопоставимые источники энергии; теплосодержания нижележащих пород до ограниченной глубины, определяемой из условия равенства затрат на добычу геотермальной энергии и затрат на другие сопоставимые источники энергии.

В составе геотермальных ресурсов, оцененных по методике, доля гидрогеотермальных ресурсов в районах (в разрезе которых присутствуют проницаемые комплексы пород) изменяется от 3 до 43 % при увеличении пористости пород коллектора от 2 до 30 %. При наиболее распространенных ее значениях (до 10—15 %) эта доля не превышает 15—20 % [4,6-17].

В связи с тем что специальная проработка вопроса рентабельного использования термальных вод Туркменистана не проводилась, оценка ресурсов их может основываться на общих кондиционных требованиях, включающих следующие параметры: температура вод должна быть не менее 35-40 °С; глубина залегания водоносных горизонтов не более

3000 м; расходы скважин не менее 5 л/сек (430 м³/сутки); минерализация вод не более 35 г/л; водопроницаемость пород водоносного комплекса не менее 10-20 м²/сутки.

По тепловому потенциалу термальные воды подразделяются на: низкопотенциальные, с температурой 35-70 °С, эффективно используемые для обогрева открытого грунта, закачки в нефтеносные пласты и в бальнеологии; среднепотенциальные, с температурой 70-100 °С, могут использоваться также для теплоснабжения; высокопотенциальные с температурой более 100 °С, эффективно используется для теплоснабжения.

Оценка геотермальных ресурсов Туркменистана. Практическое значение геотермальных вод, определяется их прогнозными запасами и количеством в водах полезного тепла.

Оценка прогнозных запасов проводилась по общеизвестным формулам. При этом расчётный срок эксплуатации принимается равным 10⁴ суткам (27 лет). Понижение к концу расчётного срока эксплуатации принимается равным - 100 м от поверхности земли. Коэффициент пьезопроводности при отсутствии специальных его определений принимается равным 1·10 м³ сутки.

Поисково-разведочным бурением на нефть и газ, минеральные и промышленные воды в ряде районов Туркменистана были вскрыты термальные воды, отвечающие выше перечисленным общим кондиционным методикам и требованиям на основании результатов построена схематическая геотермическая карта по глубине 1000 м Центральной и Восточной Туркменистана приведены на рисунке 3 и оценены геотермальные ресурсы.

На территории *Ахалского велаята* (области) термоминальные воды обнаружены в Передовой зоне Копетдага: Берзенги, Бахарлы, Арчабил, Геоқдепе, Арчман. В пределах Берзенгинской антиклинали с глубин до 1600 м из карбонатных отложений верхней юры и неокома получены воды с температурой 33-41° С на изливе. Производительность скважин достигала 13-30 л/сек при избыточных давлениях от 0,4 до 1,0 мПа. Состав воды сульфатный кальциево-магниевый-натриевый с минерализацией 2,9-3,9 г/л и концентрацией сероводорода 3-8 мг/л. Подсчитанные по промышленным категориям запасы термальных вод составляют 412,2 м³/сутки. Скважины глубиной до 2000 м могут вывести воды с температурой 50-60°С на изливе.

Бахарлынокое месторождение термальных вод характеризуется самоизливающимися с глубин 1000-2000 м водами с температурой на устье скважины 35-49°С и дебитами- 5-50 л/сек. Химический состав вод хлоридно-сульфатный кальциево-натриевый с минерализацией до 4 г/л и концентрацией сероводорода до 55 мг/л. Бурением скважин глубиной до 3000 м можно вскрыть термальные воды с температурой на устье до 70-80°С, которые найдут широкое применение и в теплоснабжении. По Копетдагской складчатой гидрогеологической области суммарная теплоэнергетическая производительность составляет: 205627 Гкал/год или 29484 т у.т./год; с дебитом 18513 м³/сут.

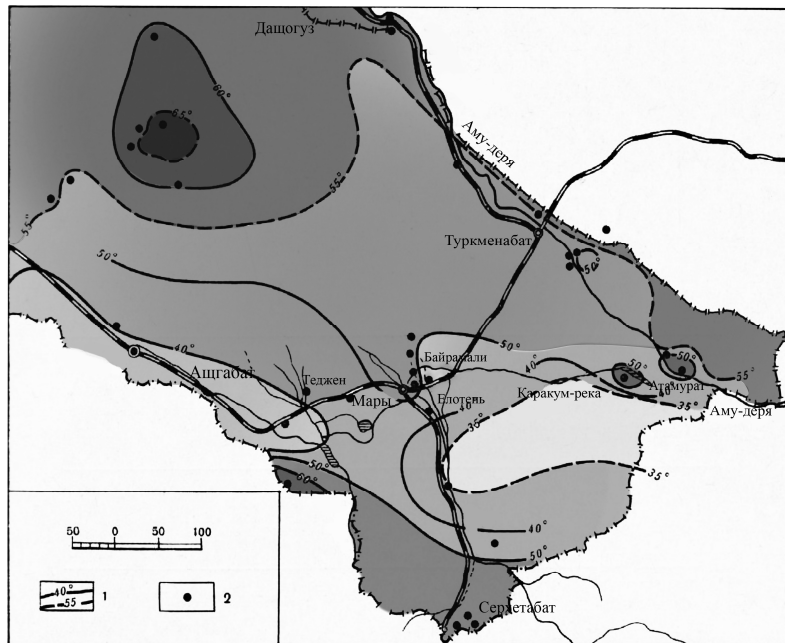


Рис.3.

Схематическая геотермическая карта по глубине 1000 м Центральной и Восточной Туркмении.

В Балканском велаяте термальные воды, отвечающие кондиционным требованиям вскрыты скважинами в пределах территории Западного Копетдага (Терсакан, Каракала), Большого Балхана (Карачагыл) и Западно-Туркменской низменности.

На структуре Терсакан на глубинах 280-400м вскрыты самоизливающие термальные воды, с температурой на устье 37-52 °С. Расход скважин на самоизливе 10-55 л/сек, с избыточными напорами до 0,5-0,6 мПа. По составу воды хлоридные натриевые, бессероводородные, с минерализацией 9-10 г/л. Вблизи пос. Каракала (уц. Порхай) с глубины 192 м выведены сероводородные воды с минерализацией 1-1,2 г/л и температурой на изливе 31 °С. Эти территории имеют перспективы вскрытия на доступных бурению глубинах (1500-2000м) термальных вод с температурой на устье до 70-80 °С.

В пределах Большебалханской антиклинали (Карачагыл) из среднеюрских отложений с глубины 700м выведены самоизливающиеся воды с дебитом скважины 5,0-7,3 л/сек, с температурой на устье до 45-46 °С и минерализацией 11-13 г/л.

Всего по Западно-Туркменскому гидрогеологическому бассейну прогнозируемые ресурсы подземных термальных вод составляют: 13 644 667 Гкал/год или 7 752 044 т т.у./год; с дебитом 957207 м³/сут.

В Марыйском велаяте термальные воды, отвечающие общим кондициям, вскрыты только в сенон - палеоценовом водоносном комплексе на структурах Мургабской впадины и Кушкинской группы поднятий. Это низкопотенциальные воды с температурой на устье скважин 40-50 °С, имеющих дебиты 140-824 м³/сутки и минерализацию до 10-15 г/л. Статические уровни вскрытых водоносных горизонтов устанавливаются на отметках 60 - 100м от устья скважин. По наиболее рентабельному Карабильскому участку подсчитанные прогнозные эксплуатационные запасы составляют дебит 14,0 тысяч м³/сутки, а тепловые ресурсы 46121,4 Гкал/год или 6588,7 т у.т.

В *Лебапском велаяте* низкопотенциальные термальные воды вскрыты на многих разведочных площадях в палеоценовых и верхнемеловых отложениях. Температура на устье самоизливающихся скважин достигала 35-53 °С, минерализация вод преимущественно составляет 10-35 г/л, а дебиты скважин варьируют в основном от 8 до 170 м³/сутки, в некоторых скважинах достигая 1520 м³/сутки.

С учётом кондиционных требований в пределах Лебапского велаята можно выделить участки низкопотенциальных термальных вод наиболее перспективных для использования гидротермального тепла: Питнякский, Ачакский, Кирпичлинский, где прогнозируемые ресурсы подземных термальных вод составляют: 298935 Гкал/год или 42705,0 т у.т./год; с дебитом 120317,1 м³/сут.

В итоге анализ по изученности термальных вод в Туркменистане показывает, что суммарная теплоэнергетическая производительность составляет: 17,5 млн. Гкал/год или 2,5 млн. т у.т./год; с дебитом 1,3 млн. м³/сут.

Технико-экономическая оценка геотермального теплоснабжения. Экономического распределяемого эффекта от осуществления геотермального теплоснабжения величина в ряде отраслей колеблется от 0,7 до 0,5. При использовании геотермальной энергии в зависимости от технико-экономических показателей термоводозабора, меняется в пределах от 0,8 до 0,4. Потребляемого теплового потенциала и определяется по формуле: $A = 1 - 0,8 \frac{t_{вх} - t_{сб}}{t_{вх}}$. В целом Туркменистан обладает огромными ресурсами термальных рассолов с температурами до 100 °С и залегающими на глубинах (до 5000 м), доступных при современной технологий бурения скважин и в будущем могут стать рентабельными.

Экологический потенциал геотермальной энергии характеризует сумму экономических потенциалов тепловой производительностью энергии [6-16, 18].

Ожидаемое сокращение выбросов различных вредных веществ в окружающую среду по изученным регионам в Туркменистане при использовании геотермальной энергии с теплопроизводительностью 17,5 млн. Гкал/год при годовой выработке составит: экономия расхода топлива составит 2,5 млн. т т.у. /год, сокращение выбросов: диоксида серы SO₂ – 51962,21; оксида азота NO_x – 27979,65; оксида углерода CO – 3633,72; метана CH₄ – 7630,81; твердых веществ – 5450,58; двуокиси углерода CO₂ – 3997093,02 т/год [11-18].

Экологический потенциал от производительности тепловой энергии по областям Туркменистана приведены в таблице 1.

Таблица 1. Экологический потенциал геотермальных ресурсов по изученным районам Туркменистана.

Наименование областей	Ресурсы тепло-производительности, т у.т.	SO ₂ (т/год)	NO _x (т/год)	CO (т/год)	CH ₄ (т/год)	CO ₂ (т/год)	Твердые вещества
Ахалский	29484	612,82	329,98	42,85	89,99	47140,12	64,28
Балканский	7752044	161125,33	86759,79	11267,50	23661,76	12394256,4	16901,26
Марыйский	6588,7	136,94	73,73	9,57	20,11	10534,26	10534,26
Лебапский	42705	887,62	477,95	62,07	130,35	68278,34	93,11

Всего по Турк- менистану	2500000	51962,21	27979,65	3633,72	7630,81	3997093,0	2	5450,58
-----------------------------	---------	----------	----------	---------	---------	-----------	---	---------

Возможности использования ГИС технологий геотермальных вод для теплоснабжения теплиц Туркменистана. Продовольственной программой Туркменистана предусматривается значительное увеличение производства продуктов овощеводства. Для нормального обеспечения овощами населения по расчетам специалистов необходимо не менее 2 м площади на человека. Важную роль при решении Продовольственной программы играют разработка и создание сооружений, обеспечивающих производство овощей при минимальных затратах. В настоящее время энергоемкость выращиваемых овощей в теплицах даже в Средней Азии очень велика. Более 50% всех эксплуатационных затрат приходится на их обогрев. На производство 1 кг овощей в теплицах затрачивается 10-13 кг у.т. Поэтому разработка дешевых пленочных теплиц, использующих энергию солнечных лучей и тепло термальных вод с целью экономии затрат на обогрев теплицы органическим топливом, является актуальной.

ГИС экономического эффекта. Для расчета экономического эффекта использования ГИС технологий геотермальных вод при отоплении теплиц необходимо учитывать, что капитальные вложения возрастают в результате бурения скважин, строительства сборных и водоподающих сетей. Средняя стоимость скважины в 1984 году было 126 тыс. долл. США, а для обеспечения теплом комбината площадью 18 га необходимы 3—4 скважины, причем располагают их для получения максимального дебита на некотором расстоянии друг от друга. Следовательно, возрастает стоимость оборудования «куста» скважин, становится очевидной ошибка при оценке термальных вод как «дарового» тепла. Растут затраты на отопление теплиц при понижении температуры воды, например, при 55—60 °С стоимость типовой системы отопления увеличивается на 47 %. Повышает общие капитальные затраты также строительство сбросных и очистных сооружений [8-14].

Ожидаемые результаты для теплоснабжения тепличных хозяйств в Туркменистане. В настоящее время у нас в стране рентабельными для эксплуатации считаются месторождения термальных вод со следующими основными параметрами [3]: температура вод — не менее 35—40 °С; глубина залегания водоносных горизонтов — не более 3000 м; расходы скважин — не менее 5 л/с (430 м³/сут); минерализация вод — не более 35 г/л; водопроницаемость пород водоносного комплекса — не менее 10—20 м²/сут. [8-14].

Используя составленную математическую модель для теплица траншейного типа нами проведены расчеты по имеющим выше приведенным результатам. Теплица траншейного типа имеет следующие параметры: площадь $F = 100 \text{ м}^2$; площадь ограждающей конструкции $F_{\text{огр}} = 196 \text{ м}^2$; коэффициент теплоотдачи остекленной поверхности $K = 5,5 \text{ ккал/м}^2 \text{ ч } ^\circ\text{С}$; коэффициент инфильтрации принимается $K_{\text{ин}} = 1,2$; температура воздуха в теплице $t_{\text{вн}} = 18 \text{ } ^\circ\text{С}$; температура наружного воздуха $t_{\text{нар}}$ берется по декадне из климатического справочника; расход тепла на обогрев теплицы $Q_{\text{об}}$; расход топлива на обогрев G ; теплотворная способность в данном примере взяли природный газ $Q_p = 8722 \text{ ккал/м}^3$ (36400 кДж/м³); коэффициент полезного действия отопительного котла $\eta_{\text{кот}} = 0,35 \div 0,45$; коэффициент теплопередачи отопительного прибора для труб $K_{\text{тр}} = 8 \div 10 \text{ ккал/м}^2 \text{ ч } ^\circ\text{С}$; расход условного топлива $V_{\text{кг у.т.}}$ по часам, по месяцам-720 ч, и отопительному сезону – 3 мес.; температура

теплоносителя $t_{\text{TH}}=82,5$ °С [5-7]. Из результатов расчетов видно, чем температура выше, тем меньше расход металла [8-20].

Таблица 2. Результаты расчета тепловой мощности (Q за час, месяц, сезон), площадь поверхность отопительной системы (F), расход топлива на обогрев теплицы (G) за час.

Наименование местности	Q тыс.к кал/час	Q за сезон тыс.ккал /сез.	Q за месяц тыс.ккал /мес.	F пл. обогр ,м ²	G расход, кг/час	В т у.т. мес.	В т у.т. сезон.
<i>Ахалский велаят</i>							
Берзенги	19,5	42192,0	14064,0	33,6	6,3	4186,5	12559,7
Бахарлы	19,6	42409,3	14136,4	33,8	6,4	4208,1	12624,4
Сарагыт	17,4	37628,2	12542,7	30,0	5,7	3733,7	11201,1
<i>Марьиский велаят</i>							
Тахта-базар	18,1	39118,4	13039,4	31,1	5,9	3881,5	11644,7
<i>Лебапский велаят</i>							
Атамырат	18,2	39273,6	13091,2	31,3	5,9	3896,9	11690,9
Фарап	22,7	43992,7	14664,2	35,0	6,6	4365,2	13095,7
<i>Балканский велаят</i>							
Магтымгулы	18,1	36169,0	12056,3	28,8	5,4	3588,9	10766,7
<i>Дашогузский велаят</i>							
Дашогуз	29,3	56442,3	18814,1	45,0	8,2	5600,5	16801,7

Перспектива использования гидротермальных ресурсов для отопления теплиц траншейного типа по расчетам на основе математической модели оцененным регионами характеризуется следующими цифрами для Атамыратской площади Лебапского велоята: самоизливаются с дебетами 0,7—80 м³/сутки, иногда 150 м³/сутки. Температура на устье 20—45°С. Воды отличаются высокой минерализацией (100—540 г/л) и в основном хлоридным натриевым и кальциево-натриевым составом. Из солевых отложений гаурдакской свиты получен мощный фонтан высокотермального (95° С на устье) хлоридного магниево-кальциевого рассола (540 г/л). Дебит фонтанирующей скважины достигал 1000 м³/сутки. Среднее декадная температура наружного воздуха равна $t_{\text{нар.}} - 3,94$ °С, площадь (труб) поверхность отопительной системы F пл. обогр, - 31,32173 м², расход топлива на обогрев теплицы G - 5,956126 кг/час; тепловая мощность отопительной системы Q - 18182,27ккал/час, Q за сезон -39273696ккал/сез, Q за месяц - 13091232 ккал/мес.; расход условного топлива эквивалентно, В по месяцам - 3,9 тыс. т у.т. мес., В за сезон -11,7 тыс. т у.т. температура геотермальной воды от 20 – 95 °С в зависимости от глубины 500 – 2000 м результаты по другим изученным областям и районам аналогично приведены в таблице 2 [8-20]. В итоге на производство 1 кг овощей в теплицах затрачивается около 10-13 кг у.т. при этом расходуется органическое топливо, а это в свою очередь загрязняет окружающую

среду. Результаты тепловых и электроэнергетических затрат на производство 1 кг овощей и их экологические потенциал загрязнения приведены в таблице 3.

Таблица 3. Энергетические тепловые затраты на производство 1 кг овощей и экологическое загрязнения.

Тепло затраты на 1 кг овощей кг у.т. или эквивалент Электро-энергии кВт ч/ сезон	SO ₂ (кг/год)	NO _x (кг/год)	CO (кг/год)	CH ₄ (кг/год)	CO ₂ (кг/год)	Твердые вещества (кг/год)
10 кг у.т. или 25 кВт ч/ сез.	0,208	0,112	0,014	0,030	15,99	0,022
11 кг у.т. или 27,5 кВт ч/ сез.	0,228	0,123	0,016	0,033	17,59	0,024
12 кг у.т. или 30 кВт ч/ сез.	0,249	0,134	0,017	0,036	19,18	0,026
13 кг у.т. или 32,5 кВт ч/ сез.	0,270	0,145	0,019	0,039	20,78	0,028

В настоящее время недостаточен опыт эксплуатации тепличных комбинатов промышленного типа с теплоносителем — геотермальными водами в Туркменистане, тем более с использованием ГИС технологий. Нет научно обоснованных и проверенных в производственных условиях инженерных разработок узлов и оборудования всех звеньев системы теплоснабжения. Применение же известных решений и серийно выпускаемого оборудования в больших масштабах проблематично с технической и экономической точек зрения. Для широкого освоения термальных вод в овощеводстве защищенного грунта нужны комплексные рекомендации, однако уже сейчас, до их разработки, необходимо использовать этот источник тепловой энергии для отопления теплиц.

Заключения. Проведенные ревизионно-тематические исследования с использованием геотермальных вод методами ГИС, технико-экономическими, экологическими обоснованиями и разработанной картой найдут свое применение не только в развитии тепличного хозяйства, но будет рентабельным использовать теплоснабжения в других отраслевых хозяйствах Туркменистана.

Особый интерес представляет использование ГИС карту в развитии бальнеологии, а технология применения тепловых насосов в холодильных машинах в летнее время для снижения температуры воздуха в теплице, но и для обеспечения оптимального режима в овощехранилищах и холодильных камерах в течение года.

На основании теоретических и расчетных исследований по использованию геотермальных энергетических установок можно составить, проектные предложения для экологического бизнеса по продаже квот в углеродный фонд Всемирного банка.

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, 350 с.

3. Борзасеков В.Ф. Геотермические условия и термальные воды Центральной и Восточной Туркмении. // Региональная геотермия и распространение термальных вод в СССР. // М., Наука, 1967, с. 207-216.

4. Богусловский Э.И. Техничко-экономическая оценка освоения тепловых ресурсов недр. Л.: ЛГУ, 1984, 350 с.

5. Бугаевский Л.М., Цветков В.Я. Геоинформационные системы. М.: Златоуст, 2000. 222 с.

6. Кобзаренко Д.Н. Трехмерное геоинформационное моделирование в прогнозных задачах геотермальной энергетики // Материалы 6-й Всероссийской научной молодежной школы «Возобновляемые источники энергии», 25-27 ноября 2008. Москва. МГУ им. Ломоносова. С.139-145.

7. Кудельский А.В. Термальные воды Копетдага. // Изучение и использование глубинного тепла Земли. М., Наука, 1973.

8. Пенджиев А.М. Геотермальные воды Туркменистана. // Международный журнал «Альтернативная энергетика и экология», 2007, № 7, с. 67-72.

9. Пенджиев А.М. Геотермальные ресурсы Центральной Азии как альтернативный источник тепловой энергии. // Международный журнал «Альтернативная энергетика и экология» 2013, № 02/02. 73-96

10. Пенджиев А.М., Борзасеков В.Ф., Пенжиева Д.А. Геотермальные ресурсы Туркменистана как альтернативный источник тепловой энергии // Международный журнал «Альтернативная энергетика и экология» 2012 № 08. С.43-50

11. Пенджиев А.М., Борзасеков В.Ф., Пенжиева Д.А. Техничко-экономическая оценка геотермального теплоснабжения в Туркменистане // Международный журнал «Альтернативная энергетика и экология» 2012 № 05-06 с.162-167

12. Пенджиев А.М., Пенжиева Д.А. Возможности использования геотермальных вод для теплоснабжения теплиц Туркменистана. // В кн. «Энергосберегающие технологии в сельском хозяйстве». Материалы международной конференции, 2008. Москва, ВИЭСХ, с 37-45.

13. Пенджиев А.М. Математическая модель теплотехнических расчетов микроклимата траншейной солнечной теплицы. // Международный журнал «Альтернативная энергетика и экология» 2010, №7 с.62-70

14. Пенджиев А.М. Математическое моделирование микроклимата в солнечной теплице траншейного типа. // Международный журнал «Альтернативная энергетика и экология» 2010, №8, с. 60-69

15. Пенджиев А.М. Основы геоинформационной системы в развитии возобновляемой энергетики в Туркменистане // Международный журнал «Альтернативная энергетика и экология» – ISJAEE. 2014. № 19. С –. В рассмотрений публикации.

16. Пенджиев А.М. Геоинформационная технология использования возвратных вод туркменского озера «Алтын Асыр» // Международный журнал «Альтернативная энергетика и экология» – ISJAEE. 2014. № 13. С 129–150.

17. Пенджиев А.М. Экологические проблемы освоения пустынь. Монография, Издатель: LAP LAMBERT Academic Publishing 2014, - 226 с. ISBN: 978-3-8433-9325-6

18. Пенжиев А.М. Изменение климата и возможности уменьшения антропогенных нагрузок // Монография. LAMBERT Academic Publishing, 2012, 166 с.
19. Пенджиев А.М., Пенжиева Д.А. Ресурсы и эффективность использования геотермальных вод. Монография, Издатель: LAP LAMBERT Academic Publishing 2015, - 224 с. ISBN: 978-3-659-76129-4.
20. Пенжиев А.М. Концепция развития возобновляемой энергетики в Туркменистане //Международный научный журнал «Альтернативная энергетика и экология» № 08 (112) 2012, 91-102 с.
21. Стребков Д.С., Пенджиев А.М., Мамедсахатов Б.Д. Развитие солнечной энергетики в Туркменистане. //Монография. М.: ГНУ ВИЭСХ, 2012, 496 с.
22. Геотермические исследования в Средней Азии и Казахстане – М: Наука,1985.- 272 с.



Pendzhiev A.M., Penzhieva D.A. Osnovy geoinformacionnoj sistemy v razvitii geotermal'noj jenergetiki v Turkmenistana // Nauka. Mysl'. - № 8. – 2015.

© А. М. Пенджиев, 2015.

© Д.А. Пенджиева, 2015.

© «Наука. Мысль», 2015.

— • —

Abstract. In article bases of use of geoinformation system (GIS) and technology which will allow operatively and to analyze in detail available the geographical adhered information of various alternative power variants are put in pawn. It will be able to estimate possibilities of use power resources of geothermal waters and to create a database in the field of power supply. By means of theoretical, practical calculations the card of geothermal power resources for GIS is made and power, economic, ecological potentials in Turkmenistan are proved.

Keywords: renewed power, energy of geothermal waters, geoinformation systems, technologies, hothouse economy, power efficiency, ecology, ecological business, Turkmenistan.

.- • -

Сведения об авторе

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

Дженнет Ахмедовна Пенжиева, инженер, компании «Шлюмберже» (Ашхабад, Туркменистан).

— • —

Подписано в печать 20.11.2015.

© Наука. Мысль, 2015.