

УДК 621.383 + 621.548 + 662.63 + 631.95

## ОСНОВЫ ГЕОИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ В РАЗВИТИИ ГЕОТЕРМАЛЬНОЙ ЭНЕРГЕТИКИ В ТУРКМЕНИСТАНЕ

Пенджи́ев А.М., Пенджи́ева Д.А.

*Туркменский государственный архитектурно-строительный институт, Ашхабад,  
e-mail: ampenjiev@rambler.ru*

В статье рассматриваются геоинформационные системы (ГИС) и создание геоинформационных технологий (ГИТ), которые позволяют оперативно и подробно анализировать на основе имеющейся географически привязанной информации различные альтернативные варианты для проведения оценки последствий вариантов проектирования установок в той или иной области теплоэнергетики с целями обеспечения устойчивого развития региона. В большей степени это относится к энергетическим объектам и системам, использующим термоэнергетические источники в связи с их высокой пространственной и временной неравномерностью и изменчивостью. В соответствии со стоящими задачами, определяющими необходимые расчетные параметры, встают требования к исходной физико-географической, природно-климатической, метеорологической, геотермальных ресурсов и информации потенциала, необходимой для создания базы данных ГИС. Оценки геотермальных энергоресурсов и его распределения по территории затруднены ограниченностью объема теплотенциала по времени и в пространстве. С помощью ГИС можно решить энергетические, экономические, экологические, социальные вопросы и возможности смягчения изменения климата на основе теплоэнергетических установок и их ресурсы, выгоды, цели и задачи на научно-методических основах в области теплоэнергетики для реализации государственных программ Туркменистана энергообеспечения региона. На основе ГИС рассчитана и составлена карта геотермальных ресурсов Туркменистана.

**Ключевые слова:** геоинформационная система, возобновляемая энергетика, геотермальные ресурсы, потенциал тепловой энергии, математическая модель определения потенциалов, тепличное хозяйство, Туркменистан

## BASES OF GEOINFORMATION SYSTEM IN DEVELOPMENT OF GEOTHERMAL POWER IN TURKMENISTAN

Penjiyev A.M., Penjiyeva D.A.

*Turkmen State Institute of Architecture and Construction, Ashabad, e-mail: ampenjiev@rambler.ru*

In article it is considered geoinformation systems (GIS) and creation geoinformation (геоинформационных) technologies (GIT) which allow operatively and to analyze in detail on the basis of the available geographically adhered information various alternative variants for carrying out of an estimation of consequences of variants of designing of installations in this or that area of power system c the purposes of maintenance of a sustainable development of region. In special degree it concerns power objects and the systems, using the thermal power sources (термоэнергетические источники) in connection with their high spatial both time non-uniformity and variability. According to the standing problems defining necessary settlement parameters, also there are requirements to initial fiziko-geographical, prirodno-climatic, metrological, geothermal resources and the information of potential necessary for creation of database GIS. Estimations of geothermal power resources and its distribution on territory it is complicated by limitation of volume warmly potential on time and in space. By means of GIS it is possible to solve power, economic, ecological, social questions and possibilities of softening of change of a climate on the basis of heat power installations, and their resources, benefits, the purposes and problems on scientifically-methodical bases in the field of power system for realisation of government programs of Turkmenistan of power supply of region. On the basis of GIS the card of geothermal resources of Turkmenistan is calculated and made.

**Keywords:** geoinformation the system, renewed power, geothermal resources, thermal energy potential, mathematical model of definition of potentials, a hothouse economy, Turkmenistan

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 Земли. 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 ми-

ровом 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.

Выступая на выездном заседании Кабинета Министров 12.06.2009 г., Президент Туркменистана Гурбангулы Бердымухамедов поставил задачу перед учеными о развитии возобновляемых источников энергии, в частности, солнечной, ветровой,

геотермальной энергии, получения биогаза и внедрение экологически чистых и энергоберегающих технологий [1].

Геотермальные ресурсы занимают одно из первых мест по своему суммарному теплоэнергетическому потенциалу и концентрации в пределах перспективных регионов. Вместе с тем достоверная оценка объемов вовлечения геотермальных ресурсов в топливно-энергетический баланс представляет собой достаточно сложную научно-техническую проблему. Ее решение сопряжено 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 земных ресурсов геотермальной энергии, возможных и экономически целесообразных объемов их использования в нефтегазовой отрасли, сельском хозяйстве в ряде регионов Туркменистана и других отраслях [3, 4, 7, 8–12].

В научной статье приведены и рассмотрены: геоинформационные системы – электронная картография; краткий обзор средств разработки ГИС-технологии; мировой опыт использования ГИС-технологии; концепция построения системы трехмерного геоинформационного моделирования; ГИС-геотермальные ресурсы Туркменистана; методы оценки ресурсов и запасов геотермальной энергии; прогнозные ресурсы термальных вод и гидрогеотермальной энергии Туркменистана; технико-экономическая оценка ГИС-технологии геотермального теплоснабжения в Туркменистане; ожидаемые результаты для теплоснабжения тепличных хозяйств в Туркменистане.

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

**Научная новизна.** Предложены принципы построения новой ГИС-технологии, и создан основы для решения задач комплексной оценки возобновляемых энергоресурсов потенциала Туркменистана,

которая имеет территориальную привязку. Впервые с применением геоинформационных технологий построена энергетическая карта потенциала и технически рассчитана доступность геотермальным энергетическим ресурсам для энергоснабжения и для реализации государственных программ развития тепличных хозяйств в Туркменистане на основе возобновляемых источников энергетики.

#### **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 геофизики, 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 исследований 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 геофизические 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, рассматри-

вают 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].

**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 ими, 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. Существует целый комплекс ГИС-систем с программным обеспечением: ГИС ИнГЕО – система, Система TopoL, MapXtreme и многие другие [5–16, 22].

Недостатком существующих продуктов компании, является наличие постоянно обновляемой базы данных, увеличение емкости памяти, профессионализм специалиста, а также возможность пополнения ее собственными данными пользователя; инструменты анализа данных для получения на их основе новой «производной» информации, представление результатов в виде диаграмм, графиков, карт и других визуальных объектов. Однако отсутствие информации о методиках проведения расчетов, а также оценок точности прогноза является весьма критичным, и недостаточно 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 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 распределение плотности геотермальных ресурсов Туркменистана. Принцип нового построения программно-алгоритмической реализуется специализированной системой трехмерного геоинформационного моделирования [6].

#### **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, немаловажный интерес вызывают возможности использования геотермальных вод, как тепловой источник энергий страны.

**Особенности геотермальной энергии в Туркменистане.** 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 [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 геоциркуляционной 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 геоциркуляционной технологии. Соответственно во много раз возрастают и прогнозные ресурсы термальных вод.

Следует также иметь в виду, что при применении традиционной технологии, в отличие от геоциркуляционной, 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 Концепцией 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].

**Оценка геотермальных ресурсов Туркменистана.** Практическое значение геотермальных вод, определяется их прогноз-

ными запасами и количеством в водах полезного тепла.

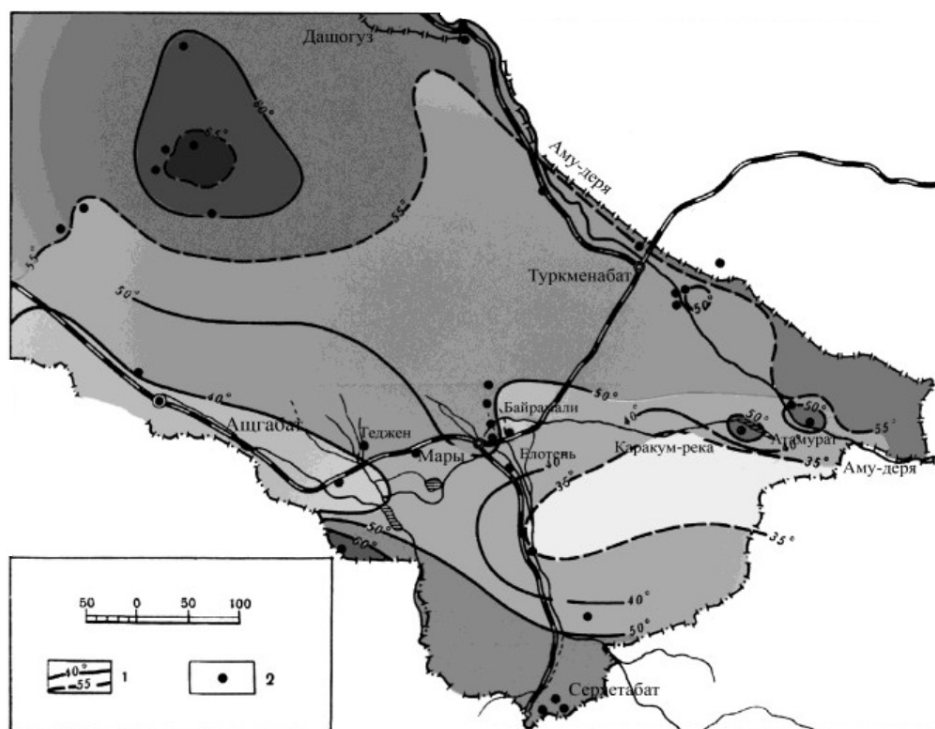
Оценка прогнозных запасов проводилась по общеизвестным формулам. При этом расчётный срок эксплуатации принимается равным  $10^4$  суткам (27 лет). Понижение к концу расчётного срока эксплуатации принимается равным 100 м от поверхности земли. Коэффициент пьезопроводности при отсутствии специальных его определений принимается равным  $1 \cdot 10^{-3}$  м<sup>3</sup> сутки.

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

На территории *Ахалского велаята* (области) термоминеральные воды обнаружены в Передовой зоне Копетдага: Берзенги, Бахарлы, Арчабил, Геокдепе, 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 излив. 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 м<sup>3</sup>/сутки. Скважины глубиной до 2000 м могут вывести воды с температурой 50–60 °С на излив.

Бахарлыньское 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 м<sup>3</sup>/сут.





Схематическая геотермическая карта по глубине 1000 м Центрального и Восточного Туркменистана

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 280–400 м вскрыты самоизливающиеся 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 (ущ. 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 (1500–2000 м) термальных вод с температурой на устье до 70–80 °С.

В пределах Большебалханской антиклинали (Карачагыл) из среднеюрских отложений с глубины 700 м 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 м<sup>3</sup>/сут.

В Марыйском велаяте термальные воды, отвечающие общим кондициям, вскрыты только в сезон – 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 м<sup>3</sup>/сутки и минерализацию до 10–15 г/л. Статические уровни вскрытых водоносных горизонтов устанавливаются на отметках 60–100 м от устья скважин. По наиболее рентабельному Карабильскому участку подсчитанные прогнозные эксплуатационные запасы составляют дебит 14,0 тысяч м<sup>3</sup>/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 варьируются в основном от 8 до 170 м<sup>3</sup>/сутки, в некоторых скважинах достигая 1520 м<sup>3</sup>/сутки.

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

Наименование областей	Ресурсы теплопроизводительности, т у.т.	SO <sub>2</sub> (т/год)	NO <sub>x</sub> (т/год)	CO (т/год)	CH <sub>4</sub> (т/год)	CO <sub>2</sub> (т/год)	Твердые вещества
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 Туркменистану	2500000	51962,21	27979,65	3633,72	7630,81	3997093,02	5450,58

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 м<sup>3</sup>/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 м<sup>3</sup>/сут.

**Технико-экономическая оценка геотермального теплоснабжения.** Величина экономического распределяемого эффекта от осуществления геотермального теплоснабжения в ряде отраслей колеблется от 0,7 до 0,5. При использовании геотермальной энергии в зависимости от технико-экономических показателей термоводозабора, величина меняется в пределах от 0,8 до 0,4. Расчет потребляемого теплового потенциала определяется по формуле

$$A = 1 - 0,8 \frac{t_{\text{вх}} - t_{\text{об}}}{t_{\text{вх}}}$$

В целом Туркменистан обладает огромными ресурсами термальных рассолов с температурами до 100 °С и залегающими на глубинах (до 5000 м), доступных при современной технологии 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 состав-

ит 2,5 млн т т.у. /год, сокращение выбросов: диоксида серы SO<sub>2</sub> – 51962,21; оксида азота NO<sub>x</sub> – 27979,65; оксида углерода CO – 3633,72; метана CH<sub>4</sub> – 7630,81; твердых веществ – 5450,58; двуокиси углерода CO<sub>2</sub> – 3997093,02 т/год [11–18].

Экологический потенциал от производительности тепловой энергии по областям Туркменистана приведен в табл. 1.

**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 энергоёмкость 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 была 126 тыс. долл. США, а для обеспечения теплом комбината площадью 18 га необходимы 3–4 скважины, причем располагают их для получения мак-

симального 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°C 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°C; глубина залегания водоносных горизонтов – не более 3000 м; расходы скважин – не менее 5 л/с (430 м<sup>3</sup>/сут); минерализация вод – не более 35 г/л; водопроницаемость пород водоносного комплекса – не менее 10–20 м<sup>2</sup>/сут. [8–14].

Перспектива использования гидротермальных ресурсов для отопления теплиц траншейного типа по расчетам на основе математической модели оцененными регионами характеризуется следующими цифрами для Атамыратской площади Лебапского велаята: самоизливаются с дебетами 0,7–80 м<sup>3</sup>/сутки, иногда 150 м<sup>3</sup>/сутки. Температура на устье 20–45°C. 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°C на устье) хлоридного магниево-кальциевого рассола (540 г/л). Дебит фонтанирующей скважины достигал 1000 м<sup>3</sup>/сутки. Средняя декадная температу-

ра наружного воздуха равна  $t_{нар.} = 3,94^\circ\text{C}$ , площадь (труб) поверхность отопительной системы  $F$  пл. обогрев., – 31,32173 м<sup>2</sup>, расход топлива на обогрев теплицы  $G = 5,956126$  кг/час; тепловая мощность отопительной системы  $Q = 18182,27$  ккал/час,  $Q$  за сезон – 39273696 ккал/сез.,  $Q$  за месяц – 13091232 ккал/мес.; расход условного топлива эквивалентно,  $B$  по месяцам – 3,9 тыс. т у.т. мес.,  $B$  за сезон – 11,7 тыс. т у.т. температура геотермальной воды от 20–95°C в зависимости от глубины 500–2000 м результаты по другим изученным областям и районам аналогично приведены в табл. 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 табл. 3.

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.

Таблица 2

Результаты расчета тепловой мощности ( $Q$  за час, месяц, сезон), площадь поверхности отопительной системы ( $F$ ), расход топлива на обогрев теплицы ( $G$ ) за час

Наименование местности	$Q$ тыс. ккал/час	$Q$ за сезон тыс. ккал/сез.	$Q$ за месяц тыс. ккал/мес.	$F$ пл. обогрев, м <sup>2</sup>	$G$ расход, кг/час	$B$ т у.т. мес.	$B$ т у.т. сезон.
1	2	3	4	5	6	7	8
Ахалский велаят							
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
Марыский велаят							
Тахта-базар	18,1	39118,4	13039,4	31,1	5,9	3881,5	11644,7
Лебапский велаят							
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

Окончание табл. 2							
1	2	3	4	5	6	7	8
Балканский вelayт							
Магтымгулы	18,1	36169,0	12056,3	28,8	5,4	3588,9	10766,7
Дашогузский вelayт							
Дашогуз	29,3	56442,3	18814,1	45,0	8,2	5600,5	16801,7

Таблица 3

Энергетические тепловые затраты на производство 1 кг овощей и экологическое загрязнение

Тепло затраты на 1 кг овощей кг у.т. или эквивалент электроэнергии кВт ч/ сезон	SO 2 (кг/год)	NOx (кг/год)	CO (кг/год)	CH4 (кг/год)	CO2 (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

**Заключения**

Проведенные ревизионно-тематические исследования с использованием геотермальных вод методами ГИС, технико-экономическими, экологическими обоснованиями и разработанной картой найдет свое применение не только в развитии тепличного хозяйства, но будет рентабельно использовать теплоснабжение 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 используется не только 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 проектное предложение для экологического бизнеса по продаже квот в углеродный фонд Всемирного банка.

**Список литературы**

1. Бердымухамедов Г.М. Государственное регулирование социально-экономического развития Туркменистана. //Том 1. А.: Туркменская государственная издательская служба, 2010.
2. Бобаев А.Г. и др. Физическая география Туркменистана. Учебное пособие А.: Туркменская государственная издательская служба. – 2014. – 350 с.
3. Богусловский Э.И. Техничко-экономическая оценка освоения тепловых ресурсов недр. – Л.: ЛГУ, 1984. – 350 с.
4. 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.
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. – С. 73–96.
10. Пенджиев А.М. Математическая модель теплотехнических расчетов микроклимата траншейной солнечной теплицы // Международный журнал «Альтернативная энергетика и экология». – 2010. – № 7. – С. 62–70.
11. Пенджиев А.М. Математическое моделирование микроклимата в солнечной теплице траншейного типа // Международный журнал «Альтернативная энергетика и экология». – 2010. – № 8. – С. 60–69.
12. Пенджиев А.М. Основы геоинформационной системы в развитии возобновляемой энергетики в Туркменистане // Международный журнал «Альтернативная энергетика и экология» – ISJAE. – 2014. – № 19. В рассмотрений публикации.
13. Пенджиев А.М. Геоинформационная технология использования возвратных вод туркменского озера «Алтын Асыр» // Международный журнал «Альтернативная энергетика и экология» – ISJAE. – 2014. – № 13. – С. 129–150.
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. Изменение климата и возможности уменьшения антропогенных нагрузок // Монография, Издатель: LAP LAMBERT Academic Publishing. – 2012. – 162 с. ISBN: 978-3-659-20276-6.
16. Пенджиев А.М. Концепция развития возобновляемой энергетики в Туркменистане // Международный научный журнал «Альтернативная энергетика и экология». – 2012. – № 08 (112). – С. 91–102.
17. 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.
18. 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.
19. Пенджиев А.М., Пенжиева Д.А. Возможности использования геотермальных вод для теплоснабжения теплиц Туркменистана // В кн. «Энергосберегающие технологии в сельском хозяйстве». Материалы международной конференции. – Москва, ВИЭСХ, 2008. – С. 37–45.
20. Пенджиев А.М., Пенжиева Д.А. Ресурсы и эффективность использования энергии геотермальных вод // Монография, Издатель: LAP LAMBERT Academic Publishing. – 2015. – 226 с. ISBN: 978-3-659-76129-4.
21. Рыбакова Л.Е., Пенжиев А.М. Энергия барада сохбет. – А.: Магарыф, 1993.
22. Стребков Д.С., Пенджиев А.М., Мамедсахатов Б.Д. Развитие солнечной энергетики в Туркменистане. // Монография. – М.: ГНУ ВИЭСХ, 2012. – 496 с.