

УДК 620.92

Крамина Т.А. – доцентE-mail: kraminT@mail.ru**Казанский государственный архитектурно-строительный университет**

Адрес организации: 420043, Россия, г. Казань, ул. Зеленая, д. 1

Нетрадиционные методы получения геотермальной энергии

Аннотация

Данная работа посвящена изучению получения и использования в топливно-энергетическом секторе строительства одного из альтернативных видов энергии – энергии земли и грунтовых вод. Фактором, во многом сдерживающим применения геотермии, является экономические причины. В связи с этим в работе были предложены нетрадиционные методы получения геотермальной энергии, которые позволяют резко снизить капитальные затраты.

В частности предлагается исключить самую большую статью расходов, а именно бурение скважин, за счет использования ранее пробуренных, а ныне законсервированных стволов. Второе предлагаемое направление предполагает нетрадиционные схемы установки теплообменников, задействовав для этих целей такие конструктивные элементы зданий, как свайные фундаменты, стены подвалов, подземных сооружений транспортного и производственного назначений. При этом срок окупаемости затрат снижается вдвое.

Ключевые слова: основные виды нетрадиционной энергии, гидротермальная энергия, тепловые насосы.

Одной из глобальных мировых проблем сегодня является исследование топливно-энергетических ресурсов. Решение ее, по-видимому, будет иметь определяющее значение не только для дальнейшего развития мирового сообщества, но и для сохранения среды его обитания. Значимым перспективным направлением на пути решения выше обозначенной проблемы должно стать применение новых энергосберегающих технологий, использующих нетрадиционные возобновляемые источники энергии. Истощение запасов традиционного ископаемого топлива и экологические последствия его сжигания обусловили в последние десятилетия значительное повышение интереса к этим технологиям практически во всех развитых странах мира. Преимущества систем теплоснабжения, использующих альтернативные источники энергии, по сравнению с их традиционными аналогами, связаны не только со значительными сокращениями затрат энергии в системах жизнеобеспечения зданий и сооружений, но и с их экологической чистотой, а также с новыми возможностями, которые открываются в области повышения степени автономности этих систем.

Данная работа посвящена рассмотрению возможностей использования энергии земли и грунтовых вод для решения задач энергосбережения в топливно-энергетическом секторе строительства. Актуальность затронутых вопросов очевидна. Земля является неисчерпаемым источником энергии, при правильном использовании которой можно решать большое количество серьезных проблем энерго- и ресурсосбережения.

В Республике Татарстан, как и в других регионах России, перспективной областью внедрения результатов работы являются системы жизнеобеспечения зданий, а именно применение теплонасосных систем отопления и горячего водоснабжения, строительства геотермических ТЭС.

При использовании тепла земли можно выделить два вида тепловой энергии – высокопотенциальную и низкопотенциальную. Источником высокопотенциальной тепловой энергии являются гидротермальные ресурсы – термальные воды, нагретые в результате геологических процессов до высокой температуры, что позволяет их использовать для нужд ЖКХ и пр. Однако, извлечение из недр высокопотенциального тепла земли ограничено и имеет место только в районах с определенными геологическими параметрами. В России – это, например, Камчатка, район Кавказских

минеральных вод; в Европе термальные источники есть в Венгрии, Исландии и Франции. Республика Татарстан такими ресурсами, как известно, не обладает. Вместе с тем, в отличие от высокопотенциального тепла использование низкопотенциального тепла земли посредством тепловых насосов возможно практически повсеместно. Для нашего региона его можно по праву считать наиболее перспективным и рентабельным.

Низкопотенциальное тепло земли может использоваться в различных типах зданий и сооружений многими способами: для отопления, горячего водоснабжения, кондиционирования воздуха, обогрева дорожек в зимнее время, для предотвращения обледенения карнизов, козырьков, входных ступеней, подогрева полей открытых стадионов, покрытий автостоянок и пр.

В качестве источника низкопотенциальной тепловой энергии могут использоваться подземные воды с относительно низкой температурой, либо грунт поверхностных (глубиной до 400 м) слоев земли. Тепловой режим грунта поверхностных слоев земли формируется под действием двух основных факторов: попадающей на поверхность земли солнечной радиации и потоком радиогенного тепла из недр земли. Сезонные и суточные изменения интенсивности радиации и температуры наружного воздуха вызывают колебания температуры верхних слоев грунта. Глубина проникновения суточных колебаний температуры наружного воздуха и интенсивности падающей солнечной радиации в зависимости от конкретных почвенно-климатических условий колеблется в пределах от нескольких десятков сантиметров до полутора метров [2]. Температурный режим слоев грунта, расположенных ниже этой глубины («нейтральной зоны»), формируется под воздействием тепловой энергии, поступающей из недр земли, и практически не зависит от сезонных, а тем более суточных изменений параметров наружного климата. С увеличением глубины температура грунта возрастает в соответствии с геотермическим градиентом равным примерно трем градусам Цельсия на каждые 100 метров [1]. Величина потока радиогенного тепла в разных районах различается. Так для РТ эта величина составляет 0,05-0,12 Вт/м² [2].

В результате работы были классифицированы основные виды систем использования низкопотенциальной тепловой энергии земли. Причем, кроме технологии извлечения тепла земли, рассматривались виды теплообменников, предназначенных для накопления тепла или холода в грунтовом массиве. В общем случае следует выделить три вида систем использования низкопотенциальной тепловой энергии земли, это:

- открытые системы, в которых в качестве источника энергии используются грунтовые воды, подводимые непосредственно к тепловым насосам, размещенным внутри здания.

Вода отдает (забирает) тепло у теплового насоса и возвращается в подземный поток на определенном расстоянии от места забора. Высокая эффективность открытых систем получается за счет того, что температура подземной воды является относительно высокой и круглогодично стабильной. Важно, что использование воды из скважины не наносит ущерба грунтовым водам, не изменяет их уровень в водном горизонте, поскольку открытую систему можно рассматривать как соединительные сосуды, где вода, забираемая из одного «колодца», направляется обратно под землю через второй «колодец». Таким образом, в соответствии с нормативами обеспечивается безопасная для окружающей среды стабильная работа системы отопления.

- замкнутые системы, в которых теплообменники расположены в грунтовом массиве; здесь происходит отбор тепловой энергии от грунта и перенос ее к испарителю теплового насоса. При использовании теплоносителя с повышенной относительно грунта температурой происходит его охлаждение.

Замкнутые системы в свою очередь следует разделить на горизонтальные и вертикальные. Горизонтальные накопители (коллекторы) заглубляют в землю на 80-160 см (рис.). Их изготавливают из полиэтилена или меди и заполняют жидким хладагентом (водный раствор этиленгликоля). Площадь покрытия накопителя по отношению к площади отапливаемого здания рассчитывается как 2 к 1 [3].

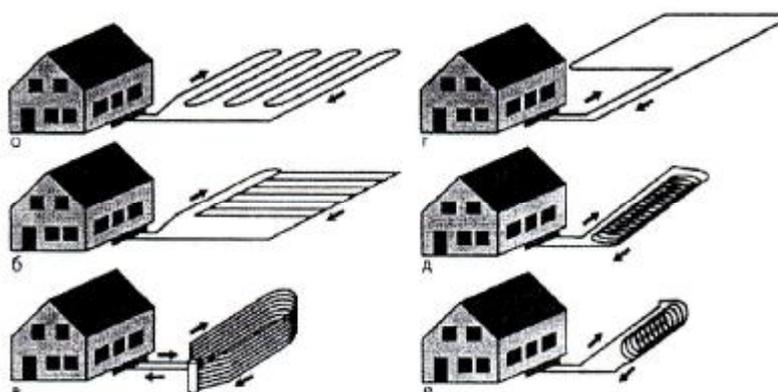


Рис. Виды горизонтальных грунтовых теплообменников:
a – теплообменник из последовательно соединенных труб;
б – теплообменник из параллельно соединенных труб;
в – горизонтальный коллектор, уложенный в траншее; *г* – теплообменник в форме петли;
д – теплообменник в форме спирали, расположенной горизонтально;
е – теплообменник в форме спирали, расположенной вертикально

Недостатком горизонтальных грунтовых накопителей является то, что нормальное функционирование системы возможно лишь при условии достаточных теплоступлений с поверхности земли за счет солнечной радиации. Слой земли, расположенный над теплообменниками, должен быть подвержен воздействию солнечных лучей, а это не всегда или не в полной мере возможно организовать. Кроме того требуется отводить достаточно больше территории на генплане и производить большой объем земляных работ. Для ориентировки подсчитано, что для современного одноэтажного дома площадью в 200 м^2 под основание поверхностного коллектора требуется около 500 м^2 поверхности грунта.

Во втором случае, при использовании вертикальных накопителей, можно ограничиться малым участком земли, т.к. при этом бурятся всего лишь две скважины на 100 м , в них опускают накопители (двойные трубы из полиэтилена), где циркулирует специальная жидкость. При этом отсутствует зависимость от интенсивности солнечной радиации. Вертикальные накопители эффективно работают во всех геологических средах, кроме грунтов с низкой теплопроводностью таких, как сухой песок или гравий [3].

Кроме открытой и закрытой систем, в классификации следует выделить комбинированную систему использования низкопотенциальной тепловой энергии земли. В этом случае одна и та же глубокая (от 100 м и более) скважина, заполненная водой, может быть как эксплуатационной, так и нагнетательной. Рекомендуемый диаметр скважины равен 15 см . В нижнюю часть скважины помещается насос, посредством которого вода из скважины подается к испарителям теплового насоса. Обратная вода возвращается в верхнюю часть водяного столба в ту же скважину. Таким образом, можно обеспечить постоянную подпитку скважины грунтовыми водами, а открытая система работает подобно замкнутой. К недостаткам комбинированной системы следует отнести некоторую ограниченность ее применения в связи с тем, что она эффективна только в почвах, обеспечивающих постоянную подпитку скважины водой для предотвращения ее замерзания.

Исследование особенностей каждой из трех систем, обозначенных в выше предложенной классификации, позволяет дать **рекомендации** по использованию каждой из них в конкретных условиях:

- открытая система оправдана на свободной территории максимально подверженной воздействию солнечных лучей;
- разновидности замкнутых систем, помимо требований к наличию свободной от строений территории расположенной в непосредственной близости от здания (при горизонтальном расположении), допускают возможность застройки (при использовании вертикальных накопителей);

- при выполнении вышеуказанных требований к грунтам, наиболее универсальной следует считать третью, комбинированную схему, тем более что скважины в этой схеме могут быть использованы одновременно и для снабжения здания питьевой водой.

Примером эффективной работы системы использования теплоты грунта в условиях центральной полосы России может служить уникальный жилой комплекс «Первомайское» в Московской области [4]. Он состоит из пяти трехэтажных монолитных жилых домов, которые снабжаются теплой и горячей водой полностью за счет использования теплоты местного грунта. На территории комплекса размещено 800 геозондов, расположенных через каждые 5 м. В летнее время система может использоваться для сброса в грунт излишков теплоты и, тем самым, избежать перегрева жилого дома. Материал геозондов прочен, долговечен и обеспечивает максимальную надежность в самой глубокой точке скважины. Гибкие трубопроводы вмонтированы в конструкцию пола по всей отапливаемой площади и обеспечивают равномерный, комфортный обогрев. Система обладает повышенными теплоизоляционными свойствами и способна выдерживать перепад температур до 60 °С.

Вместе с тем, не смотря на очевидные достоинства геотермии, широкомасштабного использования у нас в стране она не нашла. Во многом это объясняется экономическими причинами. В связи с этим нами предлагаются нетрадиционные методы получения геотермальной энергии, которые могли бы позволить резко снизить себестоимость затрат.

Одно из предложений заключается в том, что для установки грунтовых теплообменников используются подземные конструктивные элементы здания. Так, свайные фундаменты, как нельзя лучше, подходят для этой цели. Трубопроводы следует при этом замонолитить в стволе сваи, расположив их равномерно по кругу ее сечения [5]. Свая должна иметь стальной каркас и три контура грунтового теплообменника.

Еще одним предложением по использованию самих конструктивных элементов здания для получения геотермальной энергии является установка грунтовых теплообменников в стенах заглубленных многоярусных парковок, подвалов и подземных сооружений производственного или транспортного назначения. Основными элементами предлагаемых систем являются ограждающие конструкции (абсорберы тепла), тепловые насосы и низкотемпературное отопление. Причем, ограждающая конструкция должна быть выполнена целиком (или один из ее слоев) из материала, имеющего одновременно высокую теплопроводность и теплоемкость, что обеспечивает интенсивный подвод тепла к теплоносителю (антифризу). Наилучшим образом такому требованию отвечают бетоны большой плотности (тяжелые бетоны). В толщину стен предполагается заложить трубы, по которым будет циркулировать теплоноситель, поглощающий тепловую энергию из нагретой стены и передающий эту энергию к тепловому насосу.

И наконец, наиболее экономически эффективным, на наш взгляд, может стать также нетрадиционный метод получения геотермальной энергии, использующий законсервированные ввиду своей нерентабельности нефтяные, геологоразведочные и газовые скважины.

Использование геотермальной энергии получило на сегодня развитие в районах расположения подземных горячих источников небольшой глубины залегания. В большинстве случаев на территории России в связи с отсутствием таковых приходится бурить глубинные скважины. Согласно оценкам экспертов большее количество затрат приходится именно на бурение [6], а не на оборудование, не на обслуживание и стимуляцию резервуара. В России в поисках нефти и газа, по экспертным оценкам, пробурено таковых свыше 1 млн. Однако, 20 тысяч из них находится в консервации, т.е. проведена герметизация устья скважины с целью сохранения ее ствола. «Вторичное» использование скважин в различных технологических схемах позволило бы извлекать геотермальную энергию и гидроминеральное сырье из подземных вод с различными температурами: слаботермальных (20-50 °С), термальных (50-75 °С), высокотермальных (76-100 °С) и слабоперегретых (101-150 °С) [2].

Подготовительным этапом для дальнейшего проектирования и строительства ГеоТЭС на основе использования геотермальных энергетических и минеральных сырьевых ресурсов в различных регионах России является разработка технологических схем. Нами разработаны три варианта схем, в которых тепло геотермального источника используется максимально, отсутствуют выбросы в атмосферу и в сточные воды, достигается почти полная переработка минерально-сырьевых ресурсов, компенсируется снижение температуры источника, производится гибкое регулирование процесса. Это схемы:

- с водогрейными котлами или сетевой водой от внешнего источника;
- с паровыми котлами или паром от внешнего источника;
- с газопоршневыми генераторами или генераторами на микротурбине.

Опытный расход материальных затрат на создание ГеоТЭС позволяет оценить экономическую целесообразность того или иного принципа работы станции [7]. Материальные затраты на создание ГеоТЭС представлены в таблице.

Таблица

№ п/п	Принцип работы станции	Мощность, МВт	Капитальные затраты, млн.руб.
1.	Реконструкция существующей скважины, использование скважного теплообменника	0,7	60
2.	Дуплет из существующей реконструируемой скважины и новой нагнетательной скважины	5	175
3.	Триплет из существующей скважины и двух новых скважин	8	250
4.	Дуплет из двух новых скважин	15	250

Заключение

Выявленный потенциал гидротермальных энергетических и минерально-сырьевых ресурсов, предлагаемые технологические, технические и методологические решения создают предпосылки для широкомасштабного освоения экологически благоприятного, энергоресурсосберегающего источника возобновляемой энергии.

Создание ГеоТЭС открывает новые возможности автономного энергообеспечения отдаленных регионов России, при котором снижаются затраты, риски на транспортировку и теплопотери. Это особенно важно для широкого спектра объектов, находящихся вдали от магистральных энергетических сетей и месторождений органического топлива.

При этом за счет ряда достоинств таких как:

- снижения себестоимости электро- и тепловой энергии;
- быстрой окупаемости затрат на установку системы (3-4 года);
- отсутствие зависимости от погодных условий, т.к. земля на глубине 80 см имеет стабильную температуру в диапазоне от 7 °С до 12 °С;
- малых затрат на профилактику и эксплуатацию;
- возможности использования системы не только для обогрева, но и для охлаждения (при включении реверсного режима работы);
- полного отсутствия или сокращения тепловых и других вредных выбросов в атмосферу и сбросов в канализационные стоки;
- неисчерпаемости запасов энергии;
- возобновляемости данного источника.

Гидротермальная энергия приобретает сегодня конкурентоспособность на топливно-энергетическом рынке [8]. Использование геотермальной энергии как дополнительного источника совместно с традиционными позволит более экономично расходовать углеводородное топливо и обеспечить экологическое благополучие.

Список библиографических ссылок

1. Зиновьев С.А., Зиновьева Е.С. К вопросу проектирования геотермических ТЭС. – М.: Профиздат, 2013. – 215 с.
2. Жуков К.П. Исследования температурного режима слоев грунта // Региональная архитектура и строительство, 2014, № 1. – 116 с.
3. Трояновский Н.Г. Теплонасосные системы в геоэнергетике // Сборник трудов НИИ Теплотехника, Сб. 21. – М.: Стройиздат, 2011. – 178 с.
4. Журавлева Е.В. Система использования тепловой энергии грунта RENAURAU GEO // Региональная архитектура и строительство, 2012, № 2. – 47 с.
5. Смирнов А.Г. Архитектурные конструкции. – М.: Изд-во «Архитектура-С», 2010. – 321 с.
6. Козлов А.П., Савельев Н.О. Геотермальные ресурсы центрального региона России // Тезисы научного семинара «Теплоснабжение и вентиляция». – Киев: Будівельник, 2010. – 75 с.
7. Ямпольский В.Н., Глебов С.А. Основы проектирования и расчета энергосистем геотермических ТЭС. – М.: Профиздат, 2011. – 98 с.
8. Ефимов В.Н. Использование низкопотенциальной тепловой энергии земли // Приволжский научный журнал, 2013, № 2. – 102 с.

Kramina T.A. – associate professor

E-mail: kraminT@mail.ru

Kazan State University of Architecture and Engineering

The organization address: 420043, Russia, Kazan, Zelenaya st., 1

Nonconventional methods of obtaining geothermal energy**Resume**

This work studies the possibilities and economic feasibility of using the energy of earth and ground water, which is very important while the problems of energy- and resource-saving in construction are extremely acute.

The classification of the main types of geoenergetic systems that can be successfully used for heating, hot water, air conditioning, heating open fields of the stadiums, parking lots, entrance stages and etc. is given as a result of conducted research.

Despite the obvious advantages of Geothermy it has not found wide-spread applications in our country. This is largely due to economic reasons. In this regard the non-traditional methods for producing geothermal energy, which allow to reduce capital expenditure, have been proposed in this work.

In particular, it is possible to exclude drilling for installation of geosystems, by using the previously drilled boreholes but now preserved because of its unprofitability or other reasons. The fund of these wells is very large, including the territory of the Republic of Tatarstan.

Another direction to reduce the costs, connected with the extraction of geothermal energy was suggested. This is the rejection of traditional mode of installation of heat exchangers. To the exclusion of: 1) the earthworks required for the installation of horizontal heat exchangers; 2) drilling when using vertical ground heat exchangers.

To implement this idea it is supposed to incorporate heat exchangers embedded in the recessed structural elements of buildings, such as pile foundations, basement walls, and underground facilities of transport and industrial purposes.

Then the payback period could be reduced by half, and geothermal type of energy could become more competitive.

Keywords: alternative types of energy, the geothermal energy, the use of preserved wells.

Reference list

1. Zinoviev S.A., Zinovieva E.S. To the question of design of geothermal power plants. – М.: Profizdat, 2013. – 215 p.
2. Zhukov K.P. Studies of the temperature regime of the soil layers // Regionalnaya architectura i stroitelstvo, 2014, № 1. – 116 p.
3. Troyanovskiy N.G. Heat pump systems in geoenergetic // Proceedings of the Research Institute of Heat, Coll. 21. – М.: Stroyizdat, 2011. – 178 p.
4. Zhuravleva E.V. The system of the use of ground thermal energy REHAU RAUGEO // Regionalnaya architectura i stroitelstvo, 2012, № 2. – 47 p.
5. Smirnov A.G. Architectural design. – М.: Publishing. «Architecture-S», 2010. – 321 p.
6. Kozlov A.P., Saveliev N.O. Geothermal resources of the central region of Russia // Abstracts of scientific seminar «Heating and ventilation». – Kiev: Budivelnik, 2010. – 75 p.
7. Yanpolsky V.N., Glebov S.A. Fundamentals of design and analysis of power systems of geothermal power plants. – М.: Profizdat, 2011. – 98 p.
8. Efimov V.N. The use of low-grade thermal energy of the earth // Volga scientific journal, 2013, № 2. – 102 p.