

## АЛЬТЕРНАТИВНЫЕ ИСТОЧНИКИ ЭНЕРГИИ

### Применение геотермальных источников в теплоснабжении

Стенников В. А., доктор техн. наук, Жарков С. В., канд. техн. наук,  
Соколов П. А., инж.

Институт систем энергетики им. Л. А. Мелентьева СО РАН, Иркутск

Рассмотрены методические и технологические вопросы создания экологически чистого теплоснабжения на базе геотермального источника. Сооружение такого комплекса предложено осуществить в г. Цэцэрлэг на геотермальном месторождении в Монголии. Приведены результаты экономического обоснования строительства теплоснабжающего комплекса. Предложено применение теплонасосной станции, позволяющей уменьшить вредные выбросы  $SO_x$ ,  $NO_x$ , твердых частиц и фтористых соединений и значительно снизить экологическую нагрузку на окружающую среду. Ориентация этого комплекса на использование геотермальных вод обеспечивает ему многоцелевое назначение и хорошие экономические показатели.

**Ключевые слова:** геотермальные источники, тепловой насос, теплоснабжение, экология

Значительные потенциальные ресурсы геотермальной энергии, предполагаемый рост стоимости органического топлива, сложности, связанные с развитием атомной энергетики и обострение экологической обстановки, вызванное вредными выбросами от энергоустановок [1] (табл. 1), сжигающих традиционные виды топлива, — все это создает предпосылки к широкому развитию теплоснабжения на базе геотермальных источников.

По прогнозам Мировой энергетической комиссии [2], к 2020 г. доля геотермальных тепловых насосов в теплоснабжении составит 75 %. Они позволят получать на 1 кВт затраченной энергии 3 – 7 кВт тепловой энергии. Системы теплоснабжения на базе тепловых насосов долговечны (25 – 50 лет). В жилищно-коммунальном секторе с их помощью можно осуществлять автономное теплоснабжение коттеджей и отдельных зданий. В качестве источников низкопотенциальной теплоты для них чаще всего используются грунт, морская и речная вода, канализационные стоки и др. На промышленных предприятиях тепловые насосы применяют для утилизации теплоты водооборотных систем и стоков с целью ис-

пользования ее для теплоснабжения, отопления и горячего водоснабжения.

Общий тепловой потенциал ресурсов геотермальной энергии в России эквивалентен 1702 трлн т условного топлива. Технически доступные ресурсы геотермальной энергии для нужд теплоснабжения (70/20 °С) составляют 56,9 трлн т, в том числе для отопления — 30,5 трлн т. Энергетический потенциал технически доступных, экономически целесообразных и экологически чистых альтернативных источников энергии в России составляет 44,6 трлн т для нужд теплоснабжения (70/20 °С), в том числе для отопления — 16,4 трлн т (табл. 2) [2].

Актуальность развития геотермального производства во многом обусловлена переходом к новым формам экономической деятельности, связанным с применением современных способов привлечения капитала, внедрением новейших методов стимулирования, организации производства и управления.

Основные ресурсы термальных вод страны расположены на Северном Кавказе и Дальнем Востоке. На Камчатке и Курильских островах зачастую перегретые подземные

Таблица 1

Тепловой источник	Количество вредных выбросов за отопительный сезон, т/год				
	$SO_x$	$NO_x$	Твердые частицы	Фтористые частицы	Всего
Котельная на угле	21,77	7,62	5,80	0,182	34,65
Электрообогрев	38,02	13,31	8,89	0,313	60,53
Тепловой насос	10,56	3,70	2,46	0,087	16,81

Таблица 2

Регионы России	Потенциальные геотермальные ресурсы, трлн т условного топлива	Прогнозные ресурсы теплоснабжения, трлн т условного топлива			
		Технически доступные		Экономически целесообразные	
		70/20 °С	90/40 °С	70/20 °С	90/40 °С
Северный	132	3,7	1,1	3,4	0,95
Северо-Западный	18	0,9	0,2	0,6	0,1
Центральный	35	1,5	—	0,99	—
Центрально-Черноземный	19	5,7	1,3	4,8	0,07
Волго-Вятский	12	0,54	—	0,37	—
Поволжский	59	2,7	1,49	2,1	1,37
Северо-Кавказский	45	1,86	1,35	1,6	0,97
Уральский	64	1,2	0,36	0,6	0,18
Западно-Сибирский	258	9,8	7,4	8,2	3,8
Восточно-Сибирский	364	7,9	5,4	5,1	1,86
Дальневосточный	696	21,1	11,9	16,8	6,15
Калининградская обл.	—	—	—	0,1	0,09
<b>Всего по России</b>	<b>1702</b>	<b>56,9</b>	<b>30,5</b>	<b>44,64</b>	<b>16,44</b>

воды выходят на поверхность в виде парогидротерм — пароводяных смесей. Выявлены термальные ресурсы и в Восточной Сибири, прежде всего в ее южных районах. В табл. 3 [3] представлены данные о перспективах использования геотермальных ресурсов в 2015 – 2020 гг.

В настоящее время российский геотермальный потенциал в основном разведан, и обнаружено много термальных месторождений. Полуостров Камчатка и Курильские острова сейсмически активны и обладают наибольшими геотермальными ресурсами. На Камчатке находятся 127 вулканов, причем 22 из них — действующие. Здесь же имеются около 150 групп термальных источников и 11 высокотемпературных гидротермальных систем. Другие районы России также обладают значительными геотермальными ресурсами с температурами от 50 до 200 °С, залегающими на глубинах от 200 до 3000 м. Это Северный Кавказ, Дагестан, Центральная Россия, Западно-Сибирская равнина, район озера Байкал, Красноярский край, Чукотка и Сахалин. Кроме того, некоторые ресурсы доступны в пределах Восточно-Европейской и Сибирской платформ, на Урале, Алтае и в Саянах, а также в Охотско-Чукотском вулканическом поясе. В этих районах на глубинах около 3 км залегают межгранулярные и трещинные

гидротермальные системы с температурами 50 – 70 °С.

Прямое использование геотермальной энергии широко распространено на Курилах, Камчатке, Северном Кавказе, в Западной и Восточной Сибири, в районе озера Байкал. Геотермальная энергия применяется для отопления помещений, теплиц, сушки зерна и рыбы; в животноводстве может иметь коммерческую эффективность на Камчатке, Курильских островах, Чукотке и Северном Кавказе. По оценкам ассоциации “Дальний Восток и Прибайкалье”, в Камчатском крае, Магаданской области, Чукотском автономном округе и на Курильских островах можно оптимально использовать геотермальные ресурсы. Только на Камчатке это составит примерно 42 млн Гкал в год.

Геотермальные ресурсы могут стать альтернативой сжигаемому органическому топливу в регионах их распространения. По оценкам Санкт-Петербургского государственного горного института и Федерального государственного унитарного предприятия “Недра”, на территории РФ прогнозные запасы геотермальных месторождений на доступных глубинах (4 – 6 км) в 5 – 6 раз превышают ресурсы углеводородов, а Восточно-Сибирский регион (прежде всего Республика Бурятия) по общему тепловому потенциалу ресур-

Таблица 3

Показатель	Традиционные районы		Новые районы			Всего по РФ
	Северный Кавказ	Камчатская обл.	Западная Сибирь	Восточная Сибирь	Дальний Восток	
Прогнозные ресурсы, тыс. м <sup>3</sup> /сут (пар — тыс. т/сут), при способе добычи:						
фонтанном (в режиме самоизлива)	542	359 (68)	750	250	200	2100 (68)
принудительном	922	450 (68)	1170	400	350	3292 (68)
на основе геодинамической системы (ГДС)	2338	1200 (98)	425 000	5500	3700	437 738 (98)
Добыча термальной воды, млн м <sup>3</sup> /год	52	40	20	8	9,5	129
Отпуск теплопродукции, тыс. Гкал/год	2575	2000	800	390	475	6240
Годовой объем замещения органического топлива, тыс. т условного топлива/год	438	340	136	66	81	1061

сов геотермальной энергии занимает второе место среди 12 регионов России. В ближайшей перспективе главными потребителями геотермальных ресурсов станут объекты теплоснабжения и в значительно меньшей мере — агрегаты по выработке электроэнергии, поскольку низкопотенциальных ресурсов гораздо больше, чем высокопотенциальных.

Республика Бурятия обладает наибольшими ресурсами геотермальной энергии, однако они не используются в должной мере. Перспективны и наиболее изучены геотермальные источники, расположенные в Горяченске, Ниловой Пустыни и др. Вблизи пос. Уакит в Баунтовском районе расположен наиболее высокотемпературный геотермальный источник Могойский с температурой 83 °С в естественном выходе и с расходом около 80 л/с. Для обогрева санаторных и жилых помещений уже используется термальная вода Баунтовского источника.

Современные энергетические технологии и их экономическая эффективность позволяют реализовать имеющийся тепловой потенциал ресурсов геотермальной энергии в сфере теплоснабжения.

В рамках сотрудничества Российской академии наук и Монгольской академии наук рассматривался ряд населенных пунктов районов Сибири РФ и Монголии, энергоснабжение которых предполагается осуществлять от геотермальных источников. Наиболее предпочтительным оказался г. Цэцэрлэг с угольными низкоэкономичными котельными, в районе которого находятся геотермальные месторождения. В настоящее время тепло-

снабжение города осуществляется от семи угольных котельных, расположенных в его центре, что существенно загрязняет городскую среду. Уголь привозят за 253 км. Система теплоснабжения — тупиковая, к каждой котельной подключены четыре — шесть зданий, высота самого высокого — 8,4 м. Диаметры трубопроводов тепловой сети — от 50 до 150 мм. Годовое теплоснабление города составляет около 47,6 тыс. Гкал. При стоимости теплоты 570 руб/Гкал затраты на тепловую энергию равны 27 132 тыс. руб. в год.

Перевод теплоснабжения г. Цэцэрлэг на геотермальную систему теплоснабжения может быть осуществлен с помощью теплонасосной станции (ТНС), состоящей из четырех последовательно включенных тепловых насосов. При этом образуется три контура циркуляции теплоносителей (рис. 1): геотермальной воды, рабочего тела насоса, сетевой воды системы теплоснабжения города.

В рамках проведенных ранее исследований предлагалось использовать в качестве источников низкопотенциальной теплоты месторождения геотермальных вод “Цэнхэр” и “Шивэрт”. Они расположены на довольно большом расстоянии от центра теплоснабжения — соответственно 15 и 20 км.

Расчеты системы теплоснабжения от единого источника показали, что такая система обладает хорошей работоспособностью, но при этом потребуются значительные капиталовложения в строительство теплопровода на участке от геотермального источника до города. Полученный по результатам расчета пьезометрический график от этого источника

до самого удаленного городского потребителя свидетельствует о реализуемости теплогидравлического режима этой системы, но большая дальность транспортирования теплоносителя существенно увеличивает капиталовложения и делает систему недостаточно конкурентоспособной по сравнению с угольными теплоисточниками.

Недавно были обнаружены новые большие запасы геотермальных ресурсов с относительно высокой температурой, достаточной для теплоснабжения. Некоторые из них находятся на меньшем расстоянии от города (около 8 км), другие расположены непосредственно на его территории. Это позволяет значительно уменьшить капиталовложения в строительство тепловых сетей и повысить эффективность системы.

Для транспортирования теплоносителя в системе теплоснабжения г. Цэцэрлэг предусмотрены трубопроводы с пенополиуретановой (ППУ) изоляцией, имеющие низкие потери теплоты (до 2 %), высокую надежность и гарантированный срок службы до 50 лет. Их применение позволяет в 9 раз снизить расходы на обслуживание теплопроводов и сократить в 1,2 раза капитальные затраты на строительство тепловых сетей по сравнению с использованием традиционной конструкции прокладки трубопроводов. Сроки сооружения тепловых трубопроводов с ППУ изоляцией при бесканальной прокладке сокращаются в 2,5 – 3 раза. Устанавливаемые в трубопроводах с ППУ изоляцией системы оперативного дистанционного контроля (ОДК) дают возможность вести удаленное наблюдение за состоянием теплотрассы с целью предотвращения аварий и оперативного их устранения. Применяемые датчики системы ОДК на основе импульсных рефлектометров фиксируют место возникновения дефекта стальной трубы с точностью до 1 м.

В зависимости от удаления геотермального источника от центра тепловых нагрузок капиталовложения в трубопроводную сеть могут изменяться от 9,2 до 245 млн руб. Эффективность системы теплоснабжения, создаваемой на базе геотермального источника, будет определяться снижением топливной составляющей затрат в себестоимости тепловой энергии. В табл. 4 указаны сроки окупаемости системы теплоснабжения г. Цэцэрлэг в зависимости от удаленности геотермального источника от центра тепловых нагрузок. Очевидно, чем ближе к центру нагрузок находится геотермальный источник, тем эффек-

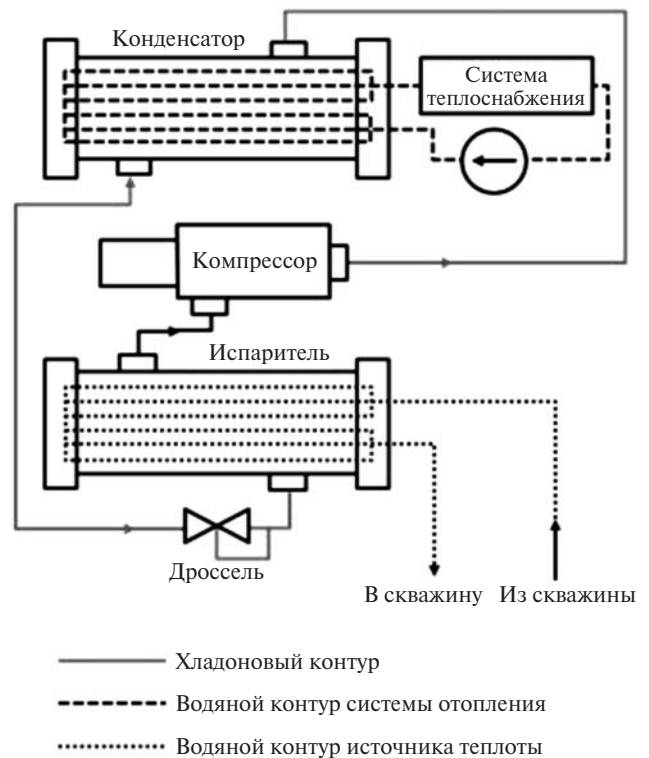


Рис. 1. Принципиальная схема теплового насоса

тивнее формируется на его базе система теплоснабжения. На рис. 2 показаны затраты, срок окупаемости и зона эффективного внедрения системы теплоснабжения на базе ТНС. При сроке окупаемости до 8 лет эффективно транспортирование геотермальной энергии на расстояние до 4 км от центра тепловых нагрузок.

Согласно расчетам суммарные капиталовложения в проект геотермального теплоснабжения г. Цэцэрлэг от предлагаемых месторождений составят от 70 до 300 млн руб. Вместе с тем вытеснение дорогого привозного угля окупает вложенные инвестиции и делает данный проект экономически привлекательным. Дополнительным положительным фактором является улучшение экологической обстановки в городе.

## Выводы

1. При использовании геотермальной тепловой энергии для теплоснабжения целесообразно применение теплового насоса, с помощью которого можно использовать источники с низкими температурами геотермальной воды, что позволяет вовлекать в сферу энергоснабжения не только крупные геотермальные месторождения, но и местные низкопотенциальные источники геотермальных вод, находящиеся вблизи потребителя.

Таблица 4

Номер варианта	Расстояние от источника до города, м	Стоимость трубопроводной сети с учетом внутригородских сетей, млн руб.	Стоимость ТНС с трубопроводной сетью, млн руб.	Срок окупаемости проекта, лет
1	0	9,2	68,5	3,9
2	1300	39,7	99	5,6
3	2500	76,3	135,6	7,7
4	5000	152,5	211,8	12,1
5	7500	228,8	288,1	16,4
6	8000	244	303,3	17,3

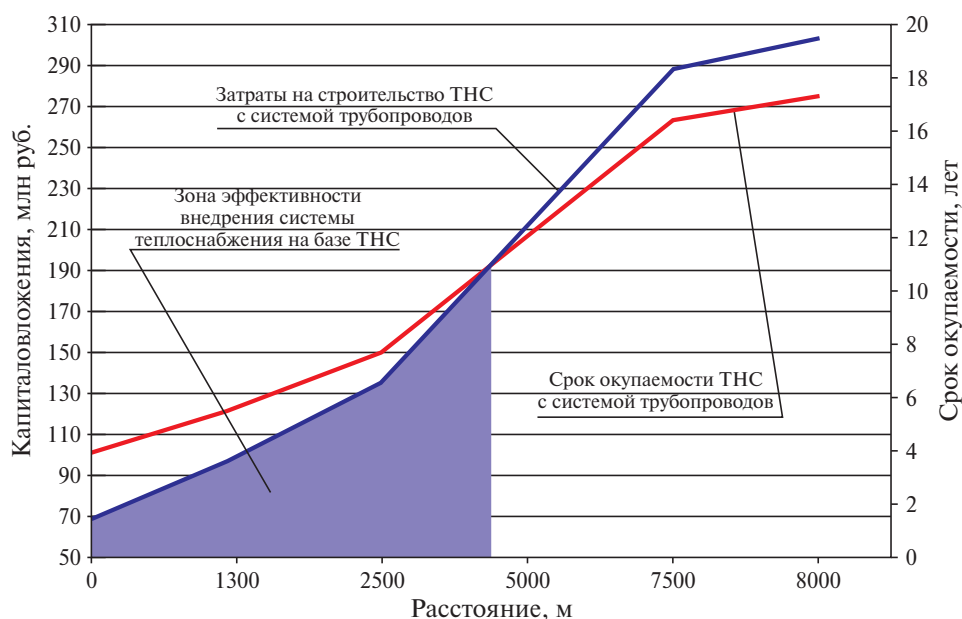


Рис. 2. Зависимости капиталовложений и срока окупаемости ТНС с трубопроводной сетью от расстояния транспортирования геотермальной энергии

2. Применение ТНС позволяет сократить либо расход геотермальной воды, подаваемой из скважины, либо число этих скважин (при прочих равных условиях).

3. Включение ТНС в геотермальную систему обеспечивает техническую и экономическую доступность теплоснабжения с возможностью регулирования подачи теплоты потребителям в соответствии с температурным графиком его отпуска в зависимости от температуры наружного воздуха.

4. На основе обобщения опыта применения теплонасосной технологии в мировой практике и технико-экономических расчетов по оценке целесообразности установки ТНС для теплоснабжения потребителей (на примере г. Цэцэрлэг) можно отметить:

применение ТНС для теплоснабжения, включая отопление и горячее водоснабжение потребителей, является эффективной, техни-

чески реализуемой и ресурсообеспеченной технологией;

тепловые насосы хорошо вписываются в существующую систему теплоснабжения. Это экологически чистые, надежные, безопасные и долговечные установки;

повышение эффективности и расширение сферы использования возобновляемых ресурсов в условиях Монголии и других территорий возможно путем привлечения энергии ветра для создания интегрированного энергетического комплекса.

#### Список литературы

1. Алимгазин А. Ш., Бахтиярова С. Г., Бергузинов А. Н. Экологические аспекты применения теплонасосных технологий для теплоснабжения различных объектов в Республике Казахстан. — Вестник ПГУ, 2010, № 1.
2. <http://baltfriends.ru/node/67>.
3. <http://hydropetroleum.ru/conference/actual/ac27.pdf>.

SVA@isem.sei.irk.ru