



ДЛЯ ЭНЕРГЕТИКИ БУДУЩЕГО ОГРОМНОЕ ЗНАЧЕНИЕ ИМЕЕТ ИЗВЛЕЧЕНИЕ ТЕПЛОЙ ЭНЕРГИИ, ЗАКЛЮЧЕННОЙ В ТВЕРДЫХ «СУХИХ» ГОРЯЧИХ ГОРНЫХ ПОРОДАХ – ПЕТРОТЕРМАЛЬНЫХ РЕСУРСОВ. ЭТА ЭНЕРГИЯ СОСТАВЛЯЕТ ОКОЛО 99% ОБЩИХ РЕСУРСОВ ВНУТРИЗЕМНОГО ТЕПЛА.

Н.А. Гнатусь, д.т.н., профессор, академик РАЕН, президент-председатель Правления, генеральный конструктор ОАО «НПК «ПЕТРОТЭС», г. Москва

ПЕТРОТЕРМАЛЬНАЯ ЭНЕРГЕТИКА РОССИИ

Основные тенденции в использовании невозобновляемых природных энергетических ресурсов

Процесс интенсивного извлечения и использования невозобновляемых природных энергетических ресурсов в мире происходит очень быстрыми темпами. Слова «нефть» и «природный газ» стали самыми ходовыми не только в геологических публикациях, но и в политических сообщениях. И не случайно. Ведь запасы нефти и природного газа на суше стремительно убывают и дорожают. Основные объемы потенциального прироста их запасов сосредоточены на континентальном шельфе. К тому же они весьма неравномерно размещены на планете.

Россия, несомненно, является одной из богатейших стран в мире по энергетическим ресурсам, где фактор несовпадения хозяйственных потребностей и природных возможностей пока неактуален. Однако извлечение невозобновляемых энергоресурсов из недр происходит настолько интенсивно, что, по мнению европейских независимых энергетических агентств, наша страна уже в 30-е годы может столкнуться с дефицитом экспортного потенциала углеводородов. В крупнейшей Западносибирской провинции происходит монотонное падение добычи сырья. Уходит в прошлое эпоха «сухого» сеноманского газа. Препятствием

экстенсивного развития добычи природного газа подошел к завершению. Так извлечение газа из месторождений-гигантов Нижнего Приобья: Медвежьего, Уренгойского и Ямбургского составило, соответственно, более 84%, 63% и 50%.

В настоящее время сырьевая база нефтяной и газовой промышленности сохранила количественные параметры, необходимые для добычи углеводородов в России. Но в связи с освоением новых месторождений с более сложными горно-геологическими условиями себестоимость добычи сырья будет расти.

Значительная часть добываемых из недр Земли ограниченных и невозобновляемых органических ресурсов сжигается как топливо для энергоустановок. В структуре топливных ресурсов доля природного газа составила 64%. Для получения тепла расход углеводородного топлива увеличивается почти в два раза по сравнению с его расходом на производство электроэнергии. На энергетических предприятиях страны, с целью получения электроэнергии и тепла, ежегодно сжигается более 500 млн. т у.т. (тонн условного топлива). Это тот случай, когда вспоминаются слова великого Д.И. Менделеева «о сжигании ассигнаций».

В целом, в мире ради получения тепла и электроэнергии ежедневно сжигается более миллиона тонн угля и нефти, миллиарды кубометров природного газа. Хотя далеко не вся тепловая энергия при сгорании углеводородов эффективно используется. КПД тепловых электростанций, работающих на природном газе, не достигает 50%. Половина вырабатываемого тепла «вылетает в трубу» и рассеивается в пространстве. А такой вид топлива как каменный уголь при сгорании одновременно отбирает из воздуха большое количество кислорода и загрязняет окружающую среду.

Эквивалентное количество энергии по сравнению с тепловыми энергоустановками можно получать на атомных станциях, сжигая не миллионы, а сотни тонн ядерного топлива – разница в четыре порядка огромна. Однако при этом необходимо гарантировать экологическую безопасность использования ядерной энергетики – исключить повторение Течи, Чернобыля и Фукусимы, обеспечить защиту атомных электростанций (АЭС) от проявлений терроризма и осуществить весьма дорогостоящий вывод из эксплуатации устаревших и отработавших свой срок энергоблоков АЭС. Запасы урана в мире тоже ограничены. Доказанные извлекаемые его запасы составляют 3 млн. 400 тыс. т. За весь период до 2007 г. его уже добыто около 2 млн. т.

Существенные обстоятельства и тенденции развития энергетики позволяют предположить, что в первой половине XXI века начнется активный переход на нетрадиционные источники энергии. Нефть, уголь, природный газ, горючие сланцы и продукты их переработки практически будут исключены из энергетического использования. Энергетический апокалипсис не за горами – в Европе его ждут к 2030 – 2040 г.г.

Объективные факторы (резервы ископаемого топлива и урана, а также изменения окружающей среды, вызванные традиционной огневой и атомной энергетикой) позволяют утверждать, что переход к новым способам и формам получения энергии является неизбежным. Чем раньше произойдет прорыв в этом направлении – тем менее болезненным для общества и более выгодным для той страны, где это случится, он станет.

Мировая энергетика в настоящее время взяла курс на переход к рациональному сочетанию традиционных и новых источников энергии. Энергопотребление в мире к 2000 г. составляло более 18 млрд. т у.т., к 2025 г. оно может возрасти до 30 – 38 млрд. т у.т., а к 2050 г. – до 60 млрд. т у.т. Характерной тенденцией развития мировой экономики в этот период будет систематическое снижение доли органического топлива и компенсирующий рост доли возобновляемых энергетических ресурсов.

Энергообеспечение – важнейший социально экономический фактор современного мирового сообщества

Социально-экономический кризис в мире принципиально меняет условия разработки и освоения новых источников энергии. Обнажившиеся трудности энергообеспечения большинства стран мира с необычайной остротой поставили вопрос о необходимости поисков и промышленного освоения новых энергоресурсов. А многократное и, судя по всему, необратимое повышение цен на природный газ, нефть, уголь и уран повысило их конкурентную способность.

Анализ основных тенденций и результатов развития топливно-энергетических ресурсов ведущих стран мира позволяют считать, что:

- диспропорция между темпами производства и потребления энергетических ресурсов во многих странах мира сохраняется и углубляется;
- развитие атомной, солнечной, ветровой энергетик не в состоянии обеспечить их растущей потребности в энергетическом топливе, кроме того, солнечная и ветровая обречены остаться лишь побочными источниками энергии;
- неоднократное декларирование увеличения объемов добычи и использования угля не привело к сколь-нибудь заметному изменению структуры энергопотребления в этих странах в пользу угля;
- практической отдачи от реализации проводимых в ряде стран программ по экономии энергии в ощутимых масштабах пока не получено;
- нефть, природный газ продолжают пока оставаться эффективным видом топлива и, в настоящее время положение усугубляется установившимися на них, на мировых рынках высокими ценами;
- производство и движение в мире нефтяного и газового сырья перестали подчиняться только экономическим законам, проблемы нефтегазоснабжения приобрели исключительно и экономическую и политическую остроту.

Поэтому вовлечение в хозяйственный оборот огромные неисчерпаемые петротермальные ресурсы в мире с конкурентно способными традиционными невозобновляемыми органическим и атомным видами топлива, целесообразно и необходимо.

Весьма богатые, по сравнению с другими государствами, топливные ресурсы России пока обеспечивают развитие отечественной энергетики и необходимой стране экспорт энергоресурсов. Освоение новых источников еще не стало у нас действительно острой необходимостью. Это объясняет, но не определяет незначительные объемы работ по освоению нетрадиционных альтернативных источников энергии.

О развитии отечественных петротермальной энерготехнологий

В свое время президент Российской Федерации Д.А. Медведев, председатель Правительства страны В.В. Путин и бывший председатель Совета Федерации Федерального Собрания РФ С.М. Миронов неоднократно в своих выступлениях акцентировали внимание на освоение и развитие отечественной альтернативной энергетики.

В этой связи, для обеспечения модернизации экономики и дальнейшего социально-экономического развития регионов Российской Федерации независимым коллективом российских ученых и специалистов разработан инновационный проект «Развитие петротермальной энергетики России». Проект основан на извлечении и использовании теплоты, аккумулированной в «сухих» горячих горных породах земной коры с целью выработки на ее основе постоянных, экономически доступных электроэнергии и тепла для стабильного обеспечения отдаленных, малоосвоенных и энергодефицитных районов России. Он полностью базируется на отечественной технике.

В создании петротермальных энерготехнологий приняли участие академические, отраслевые научно-исследовательские учреждения, высшие учебные заведения и более десяти промышленных предприятий страны.

Проект одобрили и рекомендовали к реализации: Правительство Российской Федерации; Совет Федерации Федерального Собрания РФ; Российская академия наук; Минэнерго РФ; Комитет государственной думы по энергетике; Министерство юстиции РФ; Федеральная налоговая служба РФ; Правительство Москвы; Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова, другие ведущие вузы страны; Московский Патриархат. Проект поддержали главы регионов и муниципальных образований 47 субъектов РФ. По их заявкам первоначально требуемая мощность для производства электроэнергии и тепла от петротермальных энергоустановок составила около 20 ГВт и более 450 млн. Гкал тепла в год.

Проект одобрен бывшим Председателем Совета Федерации Федерального Собрания РФ С.М. Мироновым и направлен Президенту Российской Федерации Д.А. Медведеву.

Научно-экспериментальное и опытно-промышленное внедрение петротермальных энерготехнологий возможно уже в 2012 – 2016 г.г., а промышленное освоение в широких масштабах в России – в период до 2025 г. и далее.

Роль петротермальной энергии и перспективы ее использования

На Всемирных Геотермальных Конгрессах, которые прошли в 2000 г. в Японии и в 2005 г. в Турции, отме-

чалось, что использование тепла Земли станет одним из магистральных направлений в энергетике третьего тысячелетия. Предполагается, что к концу XXI века доля геотермальных ресурсов в энергобалансе мировой экономики возрастет более чем на 30%, а по самым оптимистическим прогнозам даже до 80%.

Определение «геотермальная энергетика» возникло от понятия «геотермика», это область изучения тепловых процессов Земли. Название «геотермальный» в основном приписывается геотермальным (горячим, находящимся в земной коре) водам, пару и пароводяным смесям.

В этой связи, целесообразно ресурсы внутриземного геотермального тепла разделить на два направления: локализованные гидротермальные и повсеместно распространенные петротермальные. Первые из них представлены теплоносителями-флюидами – подземными водами, паром и пароводяной смесью. Вторые представляют собой петротермальную энергию, содержащуюся в «сухих» горячих горных породах, нагреваемых за счет глубинного кондуктивного теплового потока.

Гидротермальные ресурсы составляют лишь 1% от общих внутриземных ресурсов геотермальной энергии, но в силу относительной технологической простоты их извлечения, утилизация данного вида энергии, начатая более ста лет назад, продолжается до настоящего времени. Однако районы их возможного энергетического использования приурочены к зонам современного вулканизма, где подземные воды приобретают дополнительный потенциал при соприкосновении с магматическими телами, и циркулируют на относительно небольшой глубине, доступной для буровой техники сегодняшнего дня.

Срок службы геотермальных скважин во многих странах не достигает и десяти лет. Использование термальных высокоминерализованных вод в качестве теплоносителя приводит к зарастанию скважинных зон оксидом железа, карбонатом кальция, силикатными образованиями, солеотложению и коррозии оборудования. Кроме того, как правило, источники гидротермальной энергии в подавляющем большинстве отдалены от потребителя, что во многом ограничивает их использование. Месторождения пара – редкость, его известные и прогнозные запасы невелики.

По предварительным оценкам на территории России прогнозные запасы термальных вод с температурой 40 – 250°C, минерализацией 35 – 200 г/л и глубиной залегания до 3 км возможно извлекать с дебитом 21 – 22 млн. м³/сут., что эквивалентно сжиганию 30 – 40 млн. т у. т./год.

Разумеется, что практический интерес вызывает не общий потенциал геотермальной энергии Земли, а та его часть, которая отвечает современным техни-

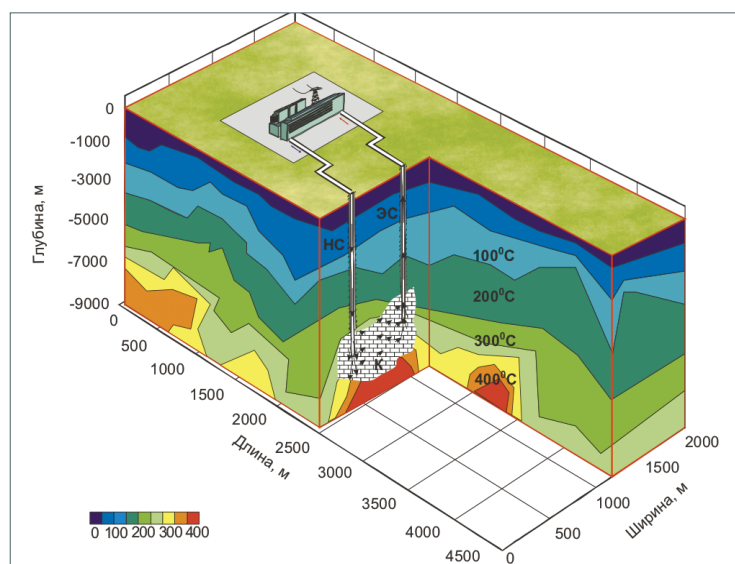
ческим возможностям проникновения в недра планеты. Технически доступные ресурсы петротермальной энергии в настоящее время резонно ограничить общим теплосодержанием верхних 10 – 12 км земной коры в пределах суши. Это позволяют достигнутые успехи традиционного глубокого бурения и перспективные технологии сверхглубокого бурения геотермальных скважин.

Среднюю теплоемкость пород этой толщи можно принять к равной 1000 Дж/(кг·К), а средний геотермальный градиент – 20 мК/м. Общий ресурс тепловой энергии на глубине 10 км эквивалентен потенциалу сжигания 34,1х10⁹ млрд. т у. т. Это в несколько тысяч раз больше тепловой способности всех известных запасов топлива на Земле.

Петротермальная энергия – стабильный, весьма мощный и практически неисчерпаемый общепланетарный ресурс. Он занимает одно из лидирующих мест среди нетрадиционных источников энергии. Непрерывная генерация внутриземного тепла за счет радиоактивного распада долгоживущих изотопов, содержащихся в геосферах Земли, а также переход энергии гравитационной дифференциации в глубинных оболочках планеты в тепло компенсирует его внешние потери.

Преимущества петротермального источника энергии следующие: повсеместное распространение, приближенность и приспособленность к потребителю, сравнительно низкие капиталов- и трудоемкости при освоении, безотходность, безопасность в эксплуатации, экологическая чистота. К недостаткам можно отнести сравнительно низкий потенциал на глубине до 3 км, нетранспортабельность, невозможность складирования, отсутствие опыта промышленного освоения в

Рис. 1. Схема трехмерной модели распределения температур и расположение циркуляционной системы извлечения петротермальной энергии твердых горных пород с естественным проницаемым коллектором. НС - нагнетательная скважина, ЭС - эксплуатационная скважина, К - коллектор



России.

Этот вид энергии может быть доступен для больших и малых территорий на Земле. Особенно на территории России. На глубине до 4 – 6 км горячие породы с температурой 100 – 150°C распространены почти повсеместно, а с температурой 180 – 200°C на довольно значительной части Российской Федерации. Это вполне достаточно для целей теплоснабжения. На глубине 5 – 6 км в активных геодинамических провинциях можно встретить массивы с температурой 250 – 300°C.

В последние десятилетия в мире рассматривается направление более эффективного использования энергии глубинного тепла Земли в целях частичной замены природного газа, нефти и угля. Это станет возможным не только в районах с высокими геотермальными параметрами (температура, дебит), но и в любых районах России при бурении глубоких и сверхглубоких геотермальных скважин и создания на их основе циркуляционных систем.

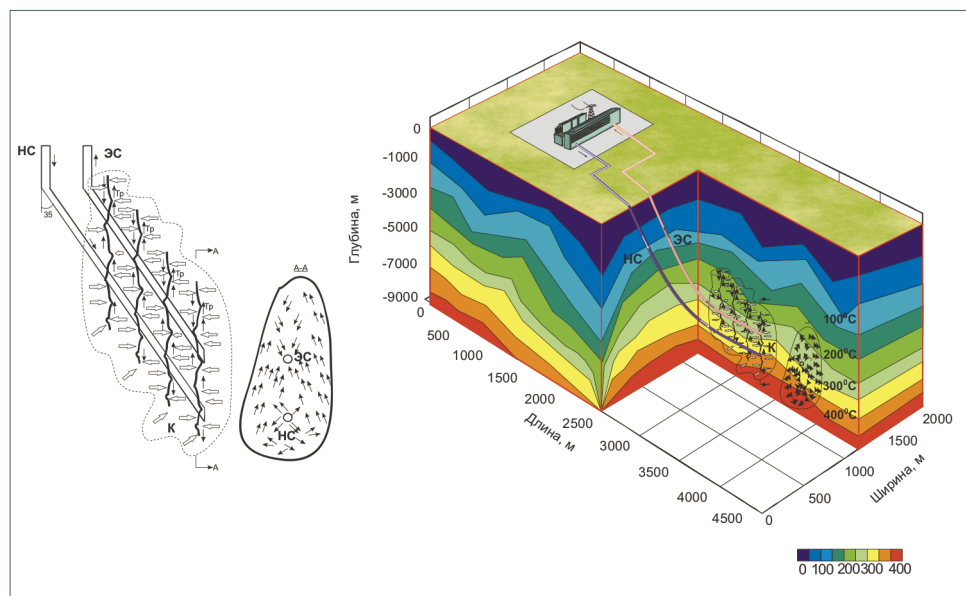
Освоение и промышленное развитие петротермальной энергетики в России и за рубежом

Начало систематических отечественных исследований в области освоения геотермальных ресурсов относится к XVIII веку. В России они были проведены во время экспедиций организованных по указанию Петра I. В этом веке и о могуществе земной энергии высказывался М.В. Ломоносов. Еще до пуска первой промышленной ГеоТЭС на природном паре в 1897 г. К.Э. Циолковский впервые высказал мысль и в 1914 г. опубликовал статью о возможности длительного извлечения огромных ресурсов тепловой энергии из подземных горячих пород за счет их теплообмена с холодной водой. В 1920 г. академик В.А. Обручев дал первое детальное и продуманное описание петротермальной циркуляционной системы (ПЦС) извлечения тепла горячих гранитов. Идеи и надежды В.А. Обруче-

ва разделили многие его современники, в том числе, такие крупные ученые как академики В.И. Вернадский и А.В. Ферсман, а также И.М. Губкин, А.А. Скочинский, А.Н. Тихонов.

Для эффективной работы циркуляционных систем необходимо иметь или создать в зоне отбора тепла достаточно развитую теплообменную поверхность. Такой поверхностью обладают или встречающиеся на различных глубинах пористые пласты и зоны естественной трещиноватости (рис. 1), проницаемость которых позволяет организовать принудительную фильтрацию теплоносителя с эффективным теплообменом и извлечением тепловой энергии горных пород, или искусственного создания методом гидравлического разрыва (гидроразрыва) (рис. 2) теплообменные поверхности в слабопроницаемых массивах. Из-

Рис. 2. Схема трехмерной модели распределения температур и расположение циркуляционной системы извлечения петротермальной энергии твердых горных пород с искусственным коллектором - серией вертикальных трещин гидроразрыва. НС - нагнетательная скважина, ЭС - эксплуатационная скважина, К - коллектор.



вестны примеры гидроразрыва с трещинами протяженностью до 2 – 3 км.

Механизм гидроразрыва представляет собой хрупкое разрушение пород с расширением природных трещин и с образованием новых трещин в результате растягивающих или сдвигающих деформаций массива под влиянием давления рабочей жидкости (воды), приложенного к его обнажению – стенке скважины, а далее к борту растущей трещины, причем избыточный объем жидкости служит гидравлическим клином.

Теоретические основы механики гидроразрыва в СССР разработаны академиком С.А. Христиановичем, его сотрудниками и учениками. Наиболее широкое применение гидроразрыв получил при разработке нефтегазовых пластов. Гидроразрыв применяется в этих отраслях добывающей промышленности как способ повышения проницаемости пластов для увеличения дебита добычных скважин и для повышения нефтеотдачи при разработке нефтяных месторождений с заводнением. Современная технология позволяет создавать как узкую, но длинную трещину, так и короткую, но широкую.

Большой вклад в развитие идеи по извлечению и использованию петротермальных ресурсов в нашей стране внесли профессор Ленинградского горного института им. Г.В. Плеханова Ю.Д. Дядькин, академики АН УССР А.Н. Щербань и О.А. Кремнев. Они заложили основы новой научной дисциплины – геотермальной теплофизики, в которой обосновываются физические предпосылки для моделирования переноса массы и энергии в различных структурных средах, приводятся методики тепловых и гидродинамических расчетов циркуляционных систем с естественными и

искусственными коллекторами, а также дается теплофизический анализ работы систем извлечения энергоресурсов из массива горячих горных пород. Кроме перечисленных фундаментальных вопросов геотермии, в их трудах изложены технологические основы и инженерные решения по извлечению петротермальной энергии из природных и искусственных тепловых коллекторов.

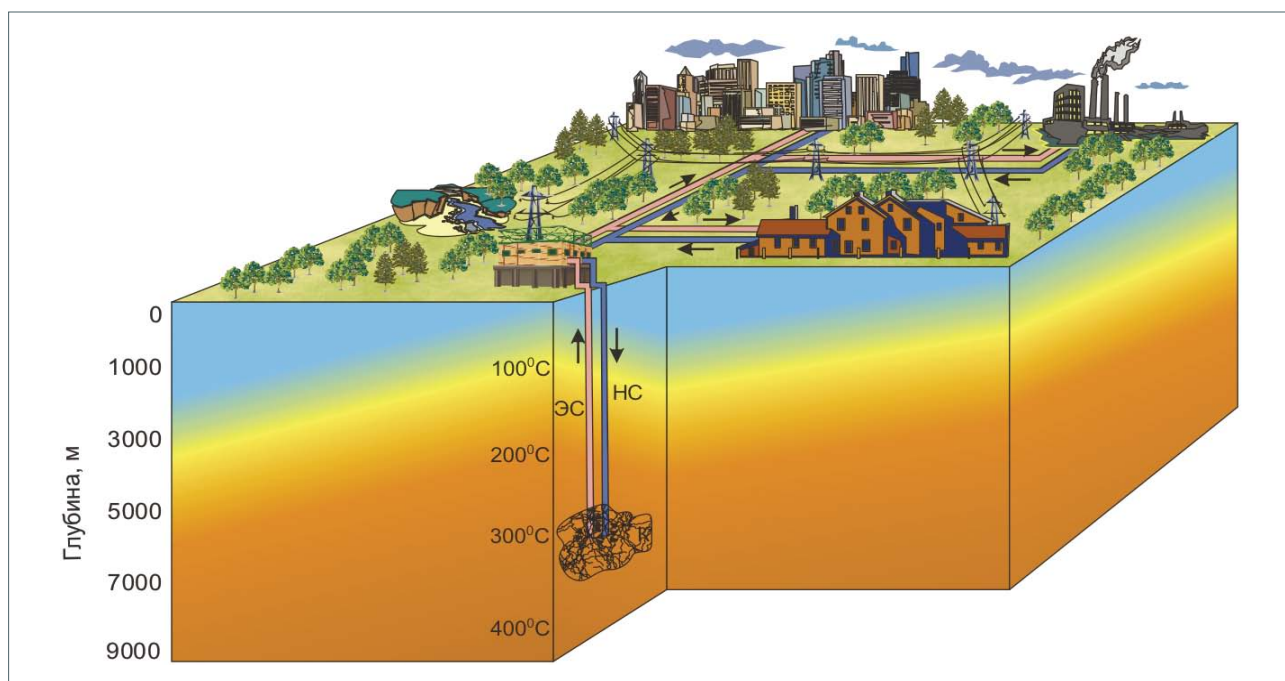
Первая ПЦС извлечения тепла пористых пластов для отопления была создана в 1963 г. в Пари-

же. Сейчас более 60-ти таких систем функционируют во Франции и больше десятка городов обогреваются теплом и освещаются электроэнергией, полученной на основе петротермальной энергии. В 1977 г. первая ПЦС с гидроразрывом практически непроницаемого массива раскаленных гранитов по проекту Лос-Аламоссской национальной лаборатории начала создаваться в США. В настоящее время в этой стране на основе ПЦС реализовано более 224 проектов петротермального теплоснабжения, а до 2050 г. планируется на основе дальнейшего использования петротермальных ресурсов дополнительно построить петротермальные энергоустановки общей мощностью до 100 ГВт. В 1983 г. английские ученые повторили американский опыт, создав экспериментальную ПЦС с гидроразрывом в Корнуэлле. В настоящее время активно ведутся разработки на основе петротермального тепла Земли, получившие название HDR (Hot Dry Rock – горячая сухая порода) в Германии, Франции, Италии, Японии, Швейцарии, Китае и в других странах. В Австралии на основе петротермальных технологий в ближайшее время планируется строительство электростанции мощностью 1 ГВт с хорошими экономическими показателями.

Однако доля петротермальной энергии в мировом и отечественном топливно-энергетическом балансе пока необоснованно мала.

Известно, что на работу по управлению реакцией термоядерного синтеза в мире ежегодно расходуется не менее миллиарда долларов, на развитие солнечной энергии – сотни миллионов, а на овладение петротермальной энергии – лишь десятки миллионов. Надо полагать, что это временное явление.

Рис. 3. Схема трехмерной модели распределения температур и расположение циркуляционной системы извлечения петротермальной энергии твердых горных пород с естественным проницаемым коллектором для выработки электроэнергии, тепла и их поставка потребителю.
НС - нагнетательная скважина, ЭС - эксплуатационная скважина, К - коллектор.



Технологические и экономические особенности создания ПЦС и петротермальных энергоустановок на ее основе в России

Принципиальная схема ПЦС с искусственным тепловым коллектором – серией вертикальных трещин, полученных в результате гидроразрыва, может быть представлена в виде двух (нагнетательной и эксплуатационной) геотермальных скважин, трещин гидроразрыва и теплового котла-коллектора. Это двухконтурная технология с передачей петротермальной энергии рабочему теплоносителю (вода) в погружных скважинных теплообменниках. Это означает, что зоны фильтрации между геотермальными скважинами являются замкнутыми и позволяют использовать для таких коллекторов простой тип ПЦС с нагнетанием-вытеснением. С нагнетанием холодной воды и вытеснением нагретой горячими породами воды, пароводяной смеси (ПВС), пара. На поверхности пар подается на турбину, а ПВС в теплообменник для нагрева воды в тепловой сети. Отрабатанный теплоноситель химически очищается и вновь закачивается в нагнетательную скважину.

Технические средства и процессы добычи, обработка и доставки петротермальных теплоносителей к их потребителю на основе ПЦС, разработанной и внедренной на базе отечественной техники, следует рассматривать как высокоэффективную технологию, которая обеспечивается опытом и квалифицированными кадрами, необходимыми для освоения всей совокупности топливно-энергетических подземных ресурсов.

При высокой температуре в призабойной зоне, длительности эксплуатации труб и породоразрушающего инструмента в этих условиях, необходимы особые требования к технологии бурения, выбору бурильных и обсадных труб, цементных растворов, креплению и заканчиванию скважин, а также измерительной технике. По всем этим направлениям выполнены необходимые работы.

Сооружение петротермальных энергоустановок на базе существующих способов механического бурения геотермальных скважин будет неконкурентноспособным по сравнению с разработанными новыми высокоэффективными технологиями и способами скоростного строительства глубоких и сверхглубоких геотермальных скважин удешевляющих этот процесс.

С целью преодоления технических и экономических трудностей группой российских ученых и специалистов закончена работа по созданию инновационных высокоэффективных технологий, технических средств и методов проводки глубокого и сверхглубокого проникновения в сложных горно-геологических условиях в недра земной коры. Промышленные предприятия страны осуществляют производство и готовы к поставкам технологического оборудования.

Породоразрушающие инструменты многозавого использования обладают большой экономической эффективностью и огромным потенциалом. Скорость бурения геотермальных скважин может достигать 30 м/ч. Внедрение их и других высокоэффективных инновационных технологий в производство позволяет

открыть новый этап в строительстве глубоких и сверхглубоких геотермальных скважин. Создание на этой основе ПЦС с естественным или искусственно сооружаемым коллектором и с серией вертикальных трещин гидроразрыва, обеспечит доступ к неисчерпаемым источникам тепловой энергии Земли.

Паропроизводительность ПЦС может быть любая. При средней температуре 220 – 250°C, и производительностью системы 150 – 200 т пара/ч достаточно для стабильного обеспечения сухим паром турбины суммарной мощностью 25 МВт. Продолжительность эксплуатации таких циркуляционных систем – 40 лет и более. Теплоноситель – вода, ПВС, пар.

Глубина скважин определяется петротермальными условиями и требованиями потребителя в энергетике. Для нужд теплоснабжения необходимая глубина скважин на всей территории страны лежит в пределах 3 – 4,5 км и не превышает 5 – 6 км. Выработка электроэнергии в широких масштабах потребует создание циркуляционных систем со скважинами на глубине 7 – 9 км.

Температура теплоносителя для нужд жилищно-коммунального теплоснабжения не выходит за пределы 150°C. Для промышленных объектов, как правило, она не превышает 180 – 200°C, а для выработки электроэнергии – 220 – 250°C.

На основе постоянных циркуляционных систем в широких масштабах сооружаются петротермальные теплоэлектростанции (ПетроТЭС), петротермальные электростанции (ПетроЭС) и петротермальные теплостанции (ПетроТС). Конструктивная простота станций значительно упрощает их строительство и эксплуатацию. Наземная часть сооружения может быть выполнена в каркасном или комплектно-блочном (мобильном) исполнении.

Петротермальные энергоустановки строятся максимально приближенными к потребителю (рис. 3) и по мощности, в зависимости от потребности тепла и электроэнергии, могут быть разными. ПетроТЭС требуют минимальную площадь и могут быть построены практически в любом месте. Все они отвечают требованиям по обеспечению безопасного производства.

Мощность геотермальных паровых турбин (выпускаемых промышленностью) от 1 до 100 МВт.

Мощность (электрическая) петротермальных энергоустановок: 1 – 25; 25 – 100; 100 – 500 МВт и более.

Расчетные технико-экономические показатели опытно-промышленной петротермальной энергоустановки суммарной мощностью 25 МВт следующие (все стоимостные показатели в ценах 2007 г.):

- срок строительства: 6 – 10 месяцев;
- себестоимость производимой электроэнергии: 0,65 руб./кВтч;

- себестоимость производимого тепла: 39 руб./Гкал;
- суммарные капиталовложения в энергоустановку: 1000 млн. руб.;
- срок службы: 40 лет;
- средний срок окупаемости: 2,7 – 3,5 года.

Себестоимость вырабатываемых электроэнергии и тепла петротермальных энергоустановок конкурентноспособны с продукцией, производимой на действующих ГЭС, ТЭС и АЭС.

В перспективе две трети территории России вполне возможно снабдить петротермальными энергоустановками. Надо полагать, что это один из главных источников энергии. Создание новой отрасли даст возможность экономить около одного миллиарда тонн органического топлива в год. Экономия может составить 5 – 7 трлн. руб. В период до 2050 г. возможно создать энергетические мощности, полностью исключающие органическое сырье в качестве топлива. Петротермальная энергетика – фундамент обеспечения энергетической безопасности страны.

Развитие промышленной петротермальной энергетики является уникальным процессом в мировой энергетике.

С целью реализации инновационного проекта «Развитие петротермальной энергетики России» учрежден Фонд поддержки освоения и развития петротермальной энергетики «ТЕРМОЛИТЭНЕРГО», созданы другие производственные и организационные структуры. Закончены работы по их комплектации высококвалифицированным персоналом, осуществляются необходимые подготовительные работы.

Принципиальная технологическая схема петротермальной теплоэлектростанции мощностью 100 МВт (25 МВт x 4)

