

УДК 553.78

А.М. Фархутдинов, Р.А. Исмагилов, И.М. Фархутдинов, С.В. Черкасов, М.Ш. Минцаев

ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ТЕПЛОЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ ВОД ЧЕЧЕНСКОЙ РЕСПУБЛИКИ НА БАЗЕ ОПЫТА АНАЛОГИЧНЫХ РАБОТ ВО ФРАНЦИИ (ПАРИЖСКИЙ БАССЕЙН)

Исследование выполнено при поддержке Министерства образования и науки Российской Федерации (договор № 02.G25.31.0056).

Рассмотрены вопросы использования теплоэнергетических вод как одного из видов возобновляемой энергии. Представлена современная ситуация по разработке геотермальных вод в России и ее наиболее перспективных регионах – Северном Кавказе и Дальнем Востоке. Приведен сравнительный обзор геотермальных месторождений Чеченской Республики и Парижского бассейна. Проанализированы преимущества использования технологии «дублетов» в разработке геотермальных резервуаров – замкнутого контура, состоящего из продуктивной и нагнетательной скважин. Изложены перспективы проекта по созданию пилотной геотермальной станции на базе XIII пласта Ханкальского месторождения.

Ключевые слова: альтернативные источники энергии; теплоэнергетические воды; Ханкальское месторождение; Парижский артезианский бассейн.

Последние годы все больше внимания уделяется возобновляемым источникам энергии, использование которых является одним из показателей уровня развития государства. Важное положение среди возобновляемых энергетических ресурсов занимают теплоэнергетические, или геотермальные, воды. Согласно российской классификации подземные воды, имеющие температуру более 35°C, относят к теплоэнергетическим, которые подразделяют на низкопотенциальные с температурой 35–70°C, среднетемпературные – 70–100°C и высокотемпературные с температурой более 100°C. Они могут экономически эффективно использоваться как природный энергоноситель для отопления, горячего водоснабжения, выработки электроэнергии и т.д.

Выделяются следующие преимущества геотермальных ресурсов в сравнении с традиционными источниками энергии: повсеместность распространения, возобновляемость, практическая неиссякаемость, близость к потребителю, локальность обеспечения потребителя тепло- и электроэнергией, полная автоматизация, безопасность, практическая безлюдность добычи геотермальной энергии, экономическая конкурентоспособность, возможность комплексного использования, полная независимость от условий окружающей среды, времени суток и года, экологическая чистота [1]. Для сравнения: угольная электростанция выделяет в 24 раза больше двуоксида углерода, в 10 837 раз больше диоксида серы и в 3 865 раз больше оксида азота за мегаватт-час, чем геотермальная [2. С. 2]. В то же время разработка теплоэнергетических вод имеет следующие недостатки: высокие удельные капитальные затраты, геологические риски, сложная непереносимость и трудности складирования, ограниченность промышленного опыта. В Российской Федерации сюда также относится отсутствие специальной законодательной базы и систем страхования.

Всего в России разведано 66 месторождений теплоэнергетических вод с производительностью более 240 тыс. м³/сут термальных вод и более 105 тыс. м³/сут парогидротерм, пробурено свыше 4 000 скважин для использования геотермальных ре-

сурсов [3. С. 62]. Строительство электростанций и установка сетей отопления на базе данного источника энергии являются экономически и экологически выгодными, а запасы геотермальных вод нашей страны с температурой от 40–200°C (с глубиной залегания до 3,5 км) могут обеспечить около 14 млн м³ горячей воды в сутки, что эквивалентно сжиганию 30 млн т условного топлива (за единицу условного топлива принята теплотворная способность 1 кг каменного угля – 29,3 МДж, или 7 000 ккал). [4. С. 15].

В РФ наиболее перспективными для разработки геотермальных вод являются Северный Кавказ и Дальний Восток. Дальний Восток – это средне- и высокотемпературные термальные воды (75–250°C, глубины 600–2 000 м), которые используются для производства электроэнергии (с 1966 г. построено и введено в эксплуатацию пять геотермальных электростанций). На Северном Кавказе широкое распространение получили низко- и среднетемпературные термальные воды (50–150°C, с глубинами 1 000–3 000 м), которые частично могут быть вовлечены в выработку электроэнергии (минимальная температура при достаточных дебитах экономически выгодная для этой цели 100°C), а также бальнеологию, отопление и т.д. Гидрогеотермальные ресурсы только одного Восточно-Предкавказского артезианского бассейна оцениваются в 10 000 МВт тепловой и 1 000 МВт электрической мощности [5. С. 18].

К сожалению, геотермальные воды в настоящее время нашли широкое применение лишь в нескольких регионах страны: Камчатка и Курильские острова, Краснодарский край и Дагестан. Причем в Краснодарском крае и Дагестане эффективность эксплуатации среднетемпературных геотермальных вод, идущих на производства тепла, невысока, и одной из причин является слив отработанных вод на рельеф без обратной закачки.

Мировой потенциал изученных геотермальных ресурсов составляет 0,2 ТВт электрической и 4,4 ТВт тепловой мощности. Около 70% этого потенциала приходится на месторождения с температурой флюида менее 130°C. При этом всего лишь 3,5% мирового

геотермального потенциала используется для выработки электроэнергии и 0,2% идет на получение тепла [3. С. 101]. В последнее время наблюдается расширение областей использования и увеличение объемов использования геотермальных ресурсов.

Среди стран, достигших хороших результатов в использовании низко- и среднепотенциальных термальных вод, – Франция, основной объект эксплуатации – резервуар возраста Доггер (средний отдел юрской системы) в Парижском артезианском бассейне. Он является внутриплатформенным осадочным бассейном почти овальной формы, простирающимся на севере Франции на территории около 110 000 км². Образование Парижского артезианского бассейна связывают с рифтогенезом в перми – триасе. Формации геотермального резервуара протягиваются на более чем 15 000 км², располагаясь на глубинах от 1 500 до 2 000 м. Наиболее продуктивные слои представлены оолитовыми известняками мощностью от 5 до 45 м, относящимися к Батскому ярусу. В среднем общая толщина продуктивного слоя порядка 20 м, с 10–15 высокопроницаемыми (2–20 дарси) слоями. Пластовые температуры резервуара меняются от 55 до 80°C, геотермический градиент данной территории – от 2,75 до 4,1°C/100 м. Минимальными температурами характеризуются участки на глубине 1 650 м северо-восточнее Парижа, где средний температурный градиент равен 2,75°C/100 м. Эта территория относится к аномальной зоне, существование которой объясняется перемещением холодных вод из перекрывающих горизонтов вниз к резервуару. Максимальный градиент в 4,1°C/100 м относится к району Валь-де-Марн, юго-восточнее Парижа. В среднем геотермальные воды на устье продуктивных скважин имеют температуру 70°C, при среднем дебите 175 м³/ч. В нагнетательную скважину воды идут уже после снятия теплового потенциала, при 45°C и аналогичных дебитах. Минерализация специфична для определенных продуктивных слоев и не обязательно зависит от глубины, меняясь от 6,4 до 35 мг/л. Минимальная минерализация относится к юго-востоку резервуара, где он выходит на поверхность. Воды содержат большое количество сульфидов (содержание H₂S 5–100 мг/л, SO₄ 300–1200 мг/л), что приводит к коррозии скважинного оборудования.

Разработке геотермального резервуара Парижского бассейна благоприятствовали три технических и экономических фактора [6. С. 343]:

- наличие продуктивного резервуара теплоэнергетических вод на рациональной глубине с характеристиками (температура и дебиты), подходящими для обеспечения сетей отопления;
- наличие рынка сбыта тепла с высоконаселенными территориями, подходящими для использования низко- и среднетемпературных вод;
- государственные меры страхования, стимулирующие разработку нового возобновляемого ресурса энергии.

Кроме этого, стимулом к интенсивному развитию геотермальной теплоэнергетики во Франции явились энергетические кризисы.

Первая скважина для разработки теплоэнергетических ресурсов резервуара Парижского бассейна пробурена в 1962 г. в Карьер-сюр-Сьен. Изначально после снятия теплового потенциала планировалось сливать отработанную воду в р. Сену, но минерализация вод оказалась гораздо выше, чем ожидалось, и скважину пришлось закрыть. После первого неудачного опыта развитие технологии «дублетов» (рис. 1) сделало возможным геотермальную эксплуатацию в Парижском бассейне. Она заключается в нагнетании всей использованной термальной воды обратно в резервуар, что уменьшает до минимума воздействие на окружающую среду и сохраняет пьезометрический уровень в продуктивных скважинах.

Впоследствии через семь лет пробурена скважина в Мелене (Melun l'Almont) (1969 г.), а нефтяные кризисы 1973 и 1979 гг. способствовали последующим эксплуатационным работам. Главной целью был резервуар в отложениях возраста Доггер, и почти все операционные установки использовали систему дублетов, состоящую из закрытого контура добывающей и нагнетательной скважины. Основной «геотермальный пик» в разработках пришелся на 1980-е гг.: всего установлено 55 систем дублетов, из них 34 являются действующими [7. С. 3].

Зарубежный опыт строительства геотермальных станций с циркуляционными системами показывает, что наиболее эффективными являются технические решения, состоящие из дублетов скважин. Подобные станции компактно размещаются в густонаселенных местностях и успешно эксплуатируются во Франции, США, Германии, Исландии и многих других странах [8. С. 88].

Серьезными проблемами эксплуатации в Парижском бассейне явились коррозия и осаждение сульфидов железа в скважинах, приведшие к прогрессивному снижению дебитов. Для их решения были приняты меры по механической очистке скважин с последующим использованием ингибиторов коррозии в качестве превентивных мероприятий.

С момента установки первой работающей скважины прошло более 40 лет, и ни в одном из действующих дублетов не произошло существенного снижения температуры воды. В силу технических и экономических причин, но не в результате истощения ресурса, 42 скважины (21 дублет) были закрыты. Вместе с тем до сих пор считается, что природный тепловой поток является недостаточным для поддержания температур на неопределенный срок. В настоящее время французскими учеными ведется работа по обновлению и переинтерпретации данных по Парижскому бассейну с целью увеличения продолжительности использования геотермальных ресурсов. По прогнозам экспертов, геотермальная энергия будет оставаться неотъемлемой частью системы отопления в Парижском бассейне как минимум еще 40 лет [6. С. 355].

В России одной из перспективных территорий для использования термальных вод является Чеченская Республика, которая занимает третье место среди регионов (1-е место – Камчатка, 2-е – Дагестан) по подтвержденным запасам теплоэнергетических вод (по категориям A+B+C – 64,680 тыс. м³/сут).

Территория Чечни относится к южной части Восточно-Предкавказского артезианского бассейна, в тектоническом отношении находится на стыке горно-складчатой области Большого Кавказа и Предкавказского передового прогиба. Геотермальные ресурсы Чечни сосредоточены в геологических формациях миоценового возраста, караганском и чокракском горизонтах. Выделяют до 24 продуктивных слоев, сложенных в основном кварцевым песчаником, разделенных непроницаемыми глинистыми слоями. Мощность продуктивных слоев колеблется от 6 до 100 м. Ресурсы теплоэнергетических вод

формируются в областях выхода водопроницаемых отложений на дневную поверхность на территории Черных гор на юге республики, далее движение вод происходит в северном направлении. Области питания частично совпадают с областями транзита [9. С. 38–39].

Всего в Чеченской Республике открыто 14 месторождений теплоэнергетических вод (рис. 1): Ханкальское, Гойтинское, Новошедринское, Дубовское, Каргалинское, Щелковское, Червленское, Герменчукское, Гудермесское, Гунюшки, Комсомольское, Новогрозненское, Петропавловское и Центрально-Бурное.

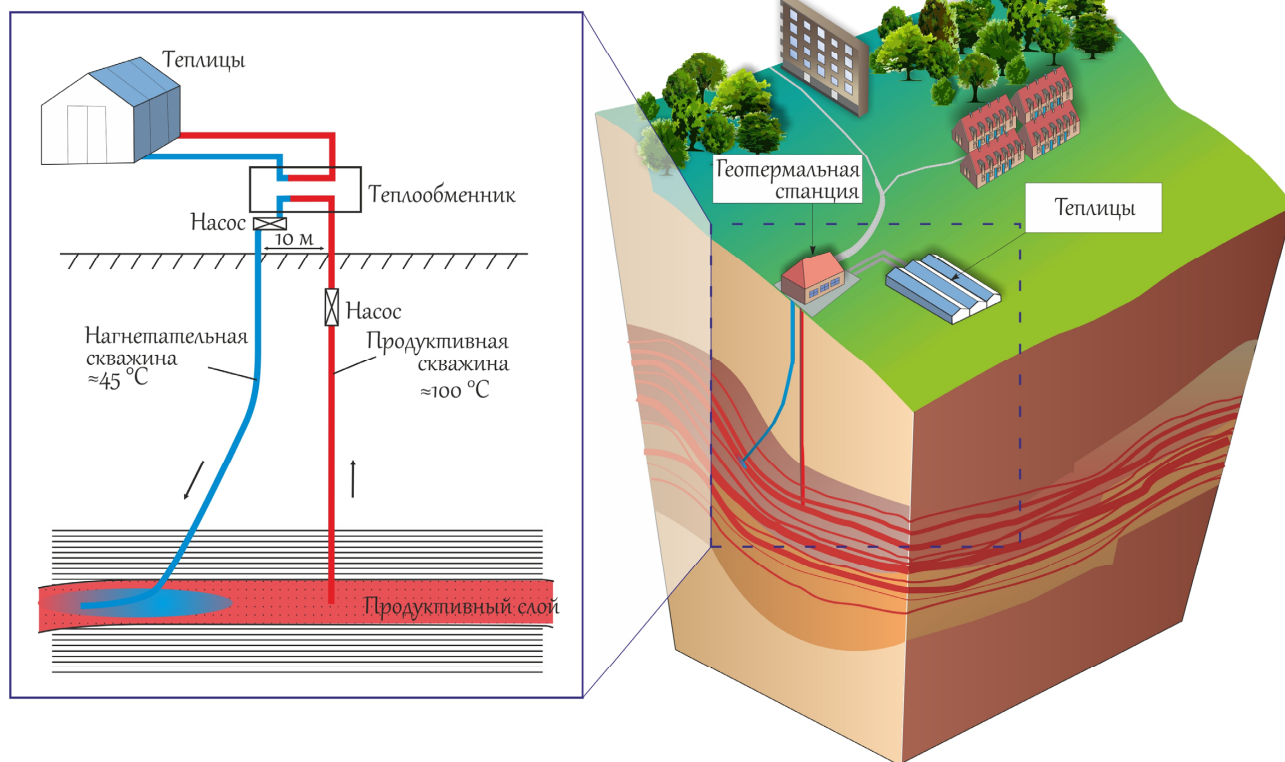


Рис. 1. Схематический рисунок дублета Ханкальского месторождения

Первые фундаментальные исследования по геотермии на территории Чечни, тогда еще субъекта СССР, проведены примерно в то же время, что и во Франции, в 1970-е гг. Наиболее активно работы велись на крупнейшем месторождении термальных вод республики – Ханкальском. В отопительный период 1981–1982 гг. был реализован эксперимент по нагнетанию вод в геотермальный резервуар при разработке самого продуктивного XIII пласта месторождения. В эксплуатации в то время находились четыре продуктивные (1-т, 4-т, 27-32, 33-28) и три нагнетательные скважины (29-25, 33-25, 31-25). В результате добыто дополнительно около 300 тыс. м³ теплоэнергетических вод, пьезометрический уровень по пласту удалось поднять на 14 м, была установлена хорошая гидродинамическая связь между нагнетательными и эксплуатационными скважинами в сводовой части структуры и, несмотря на высокую скорость продвижения фронта закачиваемых вод, температурный режим продуктивных скважин не изменился. К 1989 г. по XIII пласту функцио-

нировали уже семь эксплуатационных и пять нагнетательных скважин [10. С. 110–112] (рис. 2).

До 1994 г. в Чеченской Республике осуществлялось использование глубинного тепла Земли в практических целях. Всего в то время существовали 15 термоводозаборов, 11 из которых были действующими, а 4 простаивали по тем или иным причинам. Годовая добыча в тот период достигла 8,8 млн м³ термальной воды, основным потребителем которой было сельское и коммунальное хозяйство – 96% от всего водопотребления. Остальная вода использовалась в бальнеологии и розливе минеральной воды [11. С. 93]. Но из-за начала войны и последовавших экономических проблем ее использование в промышленных масштабах прекратилось.

После 1994 г. теплоэнергетические воды Чеченской Республики используются местным населением кустарным способом, со сливом отработанной воды на рельеф (рис. 3) [12. С. 889].

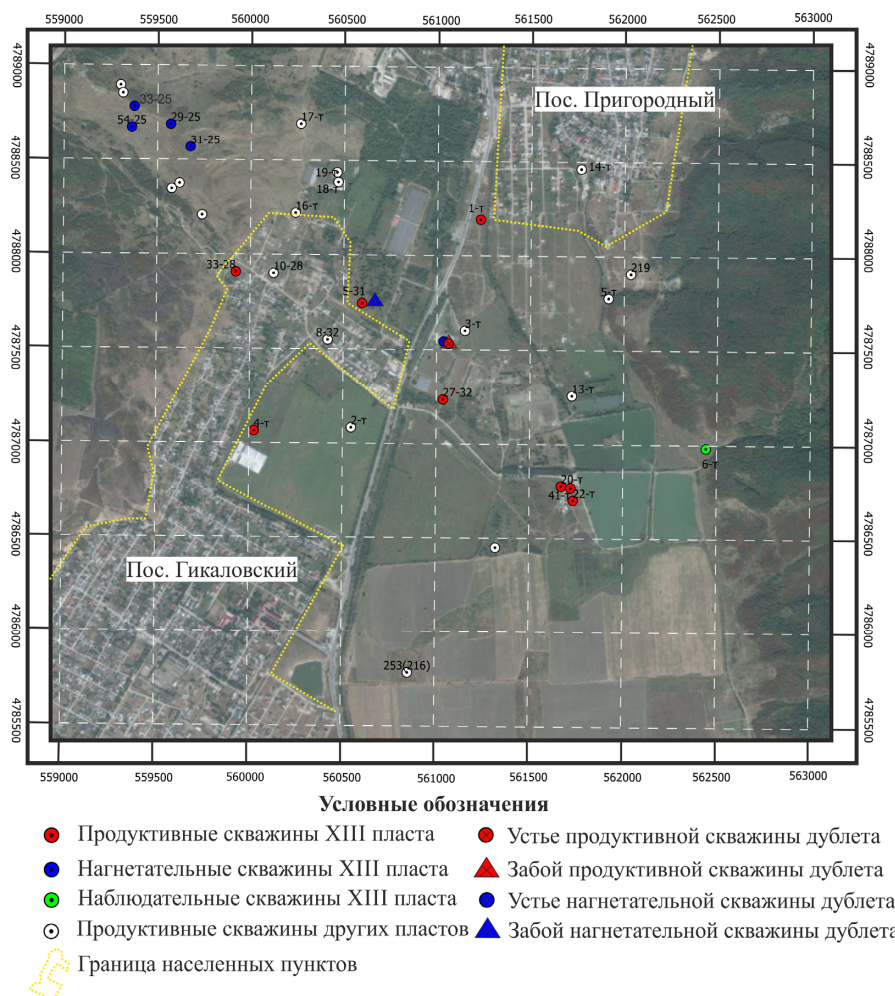


Рис. 2. Ханкальское месторождение теплоэнергетических вод



Рис. 3. Скважины 27-32, 14-т, 5-31 Ханкальского месторождения теплоэнергетических вод (слева направо)

В сравнении с резервуаром возраста Доггер Парижского бассейна месторождения термальных вод Чечни имеют ряд преимуществ (таблица):

- более высокая температура флюида (+10–15°C);
- низкая минерализация вод, что означает небольшую коррозионную активность;
- сравнительно большая мощность некоторых продуктивных слоев (к примеру, средняя мощность XIII пласта Ханкальского месторождения – 47 м);

а также следующие недостатки:

- продуктивные пласты опробовались только в режиме самоизлива при сравнительно низких дебитах;
- пласты представлены песчаниками с прослоями и линзами глин, что может негативно влиять на приемистость скважин;
- сложная тектоническая структура месторождений, присутствие разломов.

Сравнение основных характеристик месторождений геотермальных вод Чечни и Парижского бассейна

Название месторождения	Глубины, м	Температура воды на устье, °С	Дебит по различным скважинам, м³/сут	Минерализация, г/л	Утвержденные запасы	
					ГКЗ СССР, тыс. м³/сут	ЦКЗ РАО Газпром (01.01.2001), тыс. м³/сут
Ханкальское	600–1950	65–98	285–2520	0,7–3,7	9,5 (забалансовые 7,6)	21,5
Гойтинское	1560–2470	70–81	800–1800	0,6–2,0	1,15	–
Новогрозненское	1245–1420	73–81	600–1000	0,7–1,6	3,41	–
Гуноушки	1230	80	1500	1,6	–	1,5
Червленное	3300–3500	69–83	1260–1700	1,5–6,2	–	5,2
Герменчукское	2800–3300	83	1000	–	–	1,0
Каргалинское	3000–3200	90–103	1600–3300	1,3–13,6	–	5,0
Гудермесское	895–915	61	600	1,2–2,4	–	1,0
Комсомольское	2688–2710	105	2200	2,3–4,7	–	2,0
Центрально-Бурунное	2730–2820	100	1200–1630	3–4	–	3,4
Петропавловское	3620–3630	71	1030	0,7–1,3	–	3,0
Парижский бассейн (Доггер)	1500–2000	58–85	1200–14400	6–38,8	–	–

Сегодня Чечня испытывает дефицит углеводородного сырья, и чистые, возобновляемые и надежные внутренние источники энергии могли бы помочь стабильно развивать экономику региона. В то же время большой потенциал геотермальных вод, выявленных в республике, остается невостребованным и не играет существенной роли в топливно-энергетическом балансе. Технология установки дублетов со 100%-ной обратной закачкой воды в резервуар в России не используется. В Северо-Кавказском регионе, где множество старых нефтяных и газовых скважин в настоящее время дают геотермальные воды, последние, как правило, после снятия теплового потенциала сливаются на поверхность, что оказывает негативное влияние на окружающую среду.

При осуществлении бурения по методу дублета планируемое расстояние между устьями нагнетательной и продуктивной скважин составляет около 10 м, при этом территория, отчуждаемая под водозабор и зону его санитарной охраны, уменьшается в разы. В условиях российских реалий близкое расположение скважин и геотермальной станции является важным с практической точки зрения, поскольку компактную область легче проконтролировать, в отличие от скважин, расположенных на расстоянии нескольких километров. Утвержденные эксплуатационные запасы месторождений геотермальных вод в случае использования дублетов должны быть пересчитаны, так как заявленный дебит продуктивной скважины будет зависеть также от приемистости нагнетательной, что является одной из основных проблем продуктивных слоев, представленных песчаником.

За последние десятилетия в мире было произведено множество исследований по геотермии, к примеру дублеты прошли 5 «поколений» – от двух вертикальных скважин, пробуренных с двух разных буровых площадок, до двух субгоризонтальных, с одной буровой площадки. Во Франции после 40 лет эксплуатации в некоторых дублетах столкнулись с проблемой развития холодного фронта в результате закачки воды обратно в резервуар, что, по прогнозам, в скором времени приведет к постепенному снижению температуры в продуктивных скважинах. Предложены различ-

ные методы решения этой проблемы, к примеру строительство реверсивных скважин и сезонная (зима – лето) закачка-получение термальной воды [13. С. 69]. Многие исследователи ставят на первый план проблему «устойчивости» использования геотермального резервуара [14. С. 267]. С 1970-х гг. создан ряд компьютерных программ для моделирования длительной обратной закачки вод (Comsol, Tough2, Metis, Marthe, Opegeosys и др.), позволяющих спрогнозировать и правильно выбрать вариант разработки ресурса термальных вод.

При детальном, всестороннем изучении месторождений геотермальных вод Чечни и правильном выборе параметров эксплуатации можно достичь действительно устойчивого использования ресурса как минимум в течение 25 лет, т.е. амортизационного срока, когда, возможно, потребуются замена скважинного оборудования. По оценкам ряда исследователей, в случае устойчивой разработки временной отрезок, в течение которого не должно произойти существенно-го снижения температуры в продуктивной скважине, составляет 30–40 лет.

В 2013 г. Грозненский государственный нефтяной технический университет им. М.Д. Миллионщикова, ООО «АрэнСтройцентр» и Государственный геологический музей им. В.И. Вернадского РАН (ГТМ РАН) в составе консорциума «Геотермальные ресурсы» при поддержке Минобрнауки и научном сопровождении BRGM («Бюро геологических и горных исследований», Франция) начали проект по строительству пилотной геотермальной станции, использующей воды XIII продуктивного пласта Ханкальского месторождения Чеченской республики. Планируемая тепловая мощность – 5,45 Гкал/ч, потребителем будет являться тепличный комплекс. К сожалению, паспорта скважин Ханкальского месторождения и многое другая информация были утеряны в результате военных событий на территории Чечни. По этой причине первую продуктивную скважину дублета было решено сделать вертикальной в целях уточнения геологии продуктивных пластов, следующую нагнетательную – наклонной для развода забоев на необходимое расстояние, так как предстоит обратная закачка воды с температурой 45°C (рис. 2, 4).



Рис. 4. Расположение месторождений геотермальных вод Чеченской Республики.

Звездочкой на карте обозначены месторождения: 1 – Ханкальское; 2 – Гойтинское; 3 – Петропавловское; 4 – Герменчукское; 5 – Гуноушки; 6 – Новогрозненское; 7 – Гудермеское; 8 – Центральное Бурунное; 9 – Червленое; 10 – Комсомольское; 11 – Щелковское; 12 – Новошедринское; 13 – Каргалинское; 14 – Дубовское

К концу 2015 г. намечено завершение строительства станции, что позволит начать новый этап в исследовании и разработке по геотермии. В связи с необходимостью подготовки кадров для дальнейшего развития геотермальной энергетики планируется создание научно-исследовательского центра использования геотермальной энергетики, в том числе как базы для изучения геотермальных ресурсов студентами и специалистами при их переподготовке. Данный центр будет востребован для научного обеспечения использования и строительства геотермальных станций как в Чечне, так и за ее пределами.

Вследствие того что по техническим параметрам данная станция не имеет аналогов в РФ, стоимость ее строительства возрастает на величину НИОКР. В дальнейшем руководящая организация будет иметь возможность монтажа аналогичных станций, причем за счет низких экс-

плуатационных затрат выработки теплоэнергии себестоимость 1 Гкал тепла будет сравнительно низкой, что позволит конкурировать на целевом рынке [15. С. 65]. Существующие прогнозы предсказывают рост доли геотермальной энергетики в общем производстве энергии и ее экономической эффективности как в ближайшие годы, так и на период до 2050 г. [16. С. 316].

Результаты данного проекта позволят более точно оценить экономическую эффективность использования среднетемпературных геотермальных вод в условиях российской действительности. В случае успеха возможны работы по вводу в эксплуатацию 13 других уже открытых месторождений на территории Чечни. Развитие геотермальной энергетики в Чеченской республике даст возможность существенно улучшить уровень экономики региона без вреда для экологии, создать платформу для расширения научных исследований по геотермии.

ЛИТЕРАТУРА

1. Богуславский Э.И. Использование геотермальной энергии для целей теплоснабжения // Экологические системы : электрон. журн. энерго-сервисной компании. 2010. № 3 (99). URL: http://esco-ecosys.narod.ru/2010_3/art260.htm
2. Kagel A., Bates D., Gawell K. A Guide to Geothermal Energy and the Environment. Washington, DC : Geothermal Energy Association, 2007. 75 р.
3. Алхасов А.Б. Возобновляемая энергетика. М. : Физматлит, 2010. 255 с.
4. Поваров О.А., Томаров Г.В., Кошкин Н.А. Состояние и перспектива развития геотермальной энергетики в России // Теплоэнергетика. 1994. № 2. С. 15–22.
5. Алхасов А.Б., Алхасова Д.А. Перспективы освоения геотермальных ресурсов Восточного Предкавказья // Юг России: экология, развитие. 2013. № 3. С. 17–26.
6. Lopez S., Hamm V., Le Brun M., Schaper L., Boissier F., Cotiche C., Giuglaris E. 40 years of Dogger aquifer management in Ile-de-France, Paris Basin, France // Geothermics. 2010. № 39. P. 339–356.
7. Ungemach P., Antics M. Papachristou, Sustainable geothermal reservoir management // Proceedings of the World Geothermal Congress 2005. Antalya, Turkey. M., 2005. P. 12.
8. Малышев Ю.Н., Таймасханов Х.Э., Заурбеков Ш.Ш., Минцаев М.Ш. Геотермальные ресурсы Чеченской Республики: состояние и перспективы // GEOENERGY : материалы междунар. науч.-практ. конф. 2015. С. 83–91.

9. Фархутдинов А.М., Фархутдинов И.М., Исмагилов Р.А., Черкасов С.В. Перспективы использования геотермальных вод в Предкавказской предгорной зоне (Ханкальское месторождение) // Вестник Академии наук Республики Башкортостан. 2014. Т. 19, № 4. С. 34–43.
10. Минцаев М.Ш. Отчет о научно-исследовательской и опытно-конструкторской работе «Геологические, гидрогеологические и геохимические исследования Ханкальского месторождения». Грозный, 2013. 134 с.
11. Фархутдинов А.М., Фархутдинов И.М., Исмагилов Р.А. История открытия и разработки Ханкальского месторождения термальных вод // Вестник Башкирского университета. 2014. Т. 19, № 1. С. 93–97.
12. Гареев А.М., Фархутдинов А.М., Фархутдинов И.М., Черкасов С.В. Современное состояние и перспективы использования теплоэнергетических вод Российской Федерации (на примере Ханкальского месторождения) // Вестник Башкирского университета. 2014. Т. 19, № 3. С. 887–892.
13. Réveillère A., Hamm V., Lesueur H., Cordier E., Goblet P. Geothermal contribution to the energy mix of a heating network when using Aquifer Thermal Energy Storage: modeling and application to the Paris basin // *Geothermics*. 2013. № 47. P. 69–79.
14. Ungemach P., Antics M., Lalos P. Sustainable geothermal reservoir management – a modelling suite. Proc. Australian Geothermal Energy Conference, 16–18th Nov. 2011, Melbourne, Geoscience Australia Record 2011/43. P. 267–275.
15. Малышев Ю.Н., Таймасханов Х.Э., Заурбеков Ш.Ш., Минцаев М.Ш. Перспективы развития геотермальной энергетики в Чеченской Республике // Устойчивое развитие горных территорий. 2014. № 1. С. 63–67.
16. Черкасов С.В., Чурикова Т.Г., Бекмурзаева Л.Р., Гордейчик Б.Н., Фархутдинов А.М. Состояние и перспективы использования геотермальных ресурсов в Российской Федерации // *GEOENERGY* : материалы междунар. науч.-практ. конф. 2015. С. 303–322.

Статья представлена научной редакцией «Науки о Земле» 18 июня 2015 г.

PROSPECTS FOR THE USE OF GEOTHERMAL WATERS IN THE CHECHEN REPUBLIC BASED ON THE EXPERIENCE OF SIMILAR WORKS IN FRANCE (PARIS BASIN)

Tomsk State University Journal, 2015, 398, 257–264. DOI: 10.17223/15617793/398/40

Farkhutdinov Anwar M. Bashkir State University (Ufa, Russian Federation). E-mail: anvarfarh@mail.ru

Ismagilov Rustem A. Institute of Geology, Ufimian Scientific Center of the Russian Academy of Sciences (Ufa, Russian Federation). E-mail: rustem_ismagilov@bk.ru

Farkhutdinov Ishag M. Vernadsky State Geological Museum of the Russian Academy of Sciences (Ufa, Russian Federation). E-mail: iskhakgeo@gmail.com

Mintshev Mahomed Sh. Grozny State Oil Technical University named after Academician M.D. Millionshchikov (Grozny, Russian Federation). E-mail: ranas@rambler.ru

Keywords: alternative energy sources; geothermal waters; Khankala deposit; Paris Artesian Basin.

Geothermal waters are underground waters with temperatures above 35 °C, which are considered as one of the renewable alternative energy resources. Geothermal waters can be cost-effectively used as a natural source of energy for heating, hot water supply, power generation, etc. The main advantages of geothermal resources in comparison with traditional sources of energy are: renewability, inexhaustibility, complex use, complete independence from environmental conditions, time of day and year, environmental cleanliness. There are 66 explored geothermal water deposits in Russia, and one of the most promising areas is the Chechen Republic, which ranks third among the regions of proven reserves. Since the 1970s, there was an active development, especially at the biggest Khankala deposit. However, in 1994, as a result of the tragic events that occurred on the territory of the republic, the exploitation was stopped, and now geothermal waters are not used industrially. One of the countries that have achieved good results in the use of the geothermal waters of similar temperature and depth is France, where the main object of exploitation is the Dogger reservoir (Middle Jurassic) in the Paris Artesian Basin. Originally, it was planned to discharge used water into the Seine, but because of their high mineralization this project was abandoned. The development of “doublet” technology, which consists of injection and production wells, made geothermal exploitation in the Paris Basin possible. Use of this technology minimizes adverse effects on the environment and maintains the piezometric level in the production wells. In Russia, this technique is not applied and will be tested for the first time at the Khankala geothermal waters deposit. In 2013, Grozny State Oil Technical University named after Academician M. D. Millionshchikov, Arenstroicentr company and Vernadsky State Geological Museum of the Russian Academy of Sciences within the Geothermal Resources consortium with the support of the Ministry of Education and Science, scientific supervision of BRGM (Bureau of Geological and Mining Research, France) launched a project to build an experimental geothermal station on the basis of the most promising XIII layer of the Khankala deposit with a planned capacity of 5.45 Gcal/h and a greenhouse complex as a consumer. If successful, this project will allow assessing the economic efficiency of medium temperature thermal waters use in the Chechen Republic, where there are 14 already explored deposits, and it will become a new stage in the utilization of geothermal water in the region.

REFERENCES

1. Boguslavskiy, E.I. (2010) Ispol'zovanie geotermal'noy energii dlya tseley teplosnabzheniya [The use of geothermal energy for heating]. *Ekologicheskies sistemy*. 3 (99). [Online]. Available from: http://esco-ecosys.narod.ru/2010_3/art260.htm.
2. Kagel, A., Bates D. & Gawell, K. (2007) *A Guide to Geothermal Energy and the Environment*. Washington, DC: Geothermal Energy Association.
3. Alkhasov, A.B. (2010) *Vozobnovlyayemaya energetika* [Renewable energy]. Moscow: Fizmatlit.
4. Povarov, O.A., Tomarov, G.V. & Koshkin, N.A. (1994) Sostoyanie i perspektiva razvitiya geotermal'noy energetiki v Rossii [Status and prospects of development of geothermal energy in Russia]. *Teploenergetika*. 2. pp. 15–22.
5. Alkhasov, A.B. & Alkhasova, D.A. (2013) Perspektivy osvoeniya geotermal'nykh resursov Vostochnogo Predkavkaz'ya [Prospects for the development of geothermal resources of the Eastern Pre-Caucasus]. *Yug Rossii: ekologiya, razvitie*. 3. pp. 17–26.
6. Lopez, S. et al. (2010) 40 years of Dogger aquifer management in Ile-de-France, Paris Basin, France. *Geothermics*. 39. pp. 339–356.
7. Ungemach, P., Antics, M. & Papachristou, M. (2005) Sustainable geothermal reservoir management. *Proceedings of the World Geothermal Congress 2005*. 24–29 April 2005. Antalya. Turkey. pp. 24–29.
8. Malyshev, Yu.N. et al. (2015) [Geothermal resources of the Chechen Republic: Status and Prospects]. *GEOENERGY*. Proc. of the International Scientific and Practical Conference. 19–21 June 2015. Grozny: GGNTU. pp. 83–91. (In Russian).
9. Farkhutdinov, A.M. et al. (2014) Prospects for the use of geothermal waters in the Cis-Caucasian submontane zone (Khankala field). *Vestnik Akademii nauk Respubliki Bashkortostan – Herald of the Academy of Sciences of the Republic of Bashkortostan*. 19:4. pp. 34–43. (In Russian).

10. MintsaeV, M.Sh. (2013) Otchet o nauchno-issledovatel'skoy i opytno-konstruktorskoy rabote "Geologicheskie, gidrogeologicheskie i geokhimicheskie issledovaniya Khankal'skogo mestorozhdeniya" [Report on the research and development work, "The geological, hydrogeological and geochemical studies of Khankaa field"]. Grozny.
11. Farkhutdinov, A.M., Farkhutdinov, I.M. & Ismagilov, R.A. (2014) History of discovery and development of the Khankala thermal waters deposit. *Vestnik Bashkirskogo universiteta – Bulletin of Bashkir University*. 19(1). pp. 93–97. (In Russian).
12. Gareev, A.M. et al. (2014) Current state and prospects of use of geothermal waters in Russia (on the example of the Khankala deposit). *Vestnik Bashkirskogo universiteta – Bulletin of Bashkir University*. 19(3). pp. 887–892. (In Russian).
13. Réveillère, A. et al. (2013) Geothermal contribution to the energy mix of a heating network when using Aquifer Thermal Energy Storage: modeling and application to the Paris basin. *Geothermics*. 47. pp. 69–79. DOI: 10.1016/j.geothermics.2013.02.005
14. Ungemach, P., Antics, M. & Lalos, P. (2011) Sustainable geothermal reservoir management – a modelling suite. *Proc. Australian Geothermal Energy Conference*. 16–18th November 2011. Melbourne. Geoscience Australia Record 2011/43. pp. 267–275.
15. Malyshev, Yu.N. et al. (2014) Perspektivy razvitiya geotermal'noy energetiki v Chechenskoy Respublike [Prospects for the development of geothermal power in the Chechen Republic]. *Ustoychivoe razvitie gornyykh territoriy – Sustainable Development of Mountain Territories*. 1. pp. 63–67.
16. Cherkasov, S.V. et al. (2015) [Status and prospects of the use of geothermal resources in the Russian Federation]. *GEOENERGY*. Proc. of the International Scientific and Practical Conference. 19–21 June 2015. Grozny: GGNTU. pp. 303–322. (In Russian).

Received: 18 June 2015