

УДК 553.78:338.314:620.91

ТЕРМАЛЬНЫЕ ПОДЗЕМНЫЕ ВОДЫ ВОСТОЧНО-ПРЕДКАВКАЗСКОГО АРТЕЗИАНСКОГО БАСЕЙНА: ЭКОНОМИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ НА ПРИМЕРЕ ХАНКАЛЬСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ

Фархутдинов Анвар Мансурович¹,
anvarfarh@mail.ru

Хамитов Ильдар Шамилович²,
il.khamitov@gmail.com

Черкасов Сергей Владимирович³,
sergei_v_cherkasov@mail.ru

Минцаев Магомед Шавалович⁴,
ranas@rambler.ru

Заурбеков Шарпутди Шамсутдинович⁴,
zaurbekov@gstou.ru

Шаипов Арби Ахамдиевич⁴,
a.shaipov@gmail.com

Лабазанов Магомед Махмудович⁴,
geologs@mail.ru

¹ Башкирский государственный университет,
Россия, 450076, г. Уфа, ул. Заки Валиди, 32.

² ОАО «Башкирская электросетевая компания»,
Россия, 450096, г. Уфа, ул. Комсомольская, 126.

³ Государственный геологический музей им. акад. В.И. Вернадского,
Россия, 125009, г. Москва, ул. Моховая, 11.

⁴ Грозненский государственный нефтяной технический университет им. акад. М.Д. Миллионщикова,
Россия, 364051, г. Грозный, пл. Орджоникидзе, 100.

Актуальность работы обусловлена возрастающим интересом к использованию возобновляемых источников энергии, среди которых особое значение принадлежит термальным подземным водам. Перспективность использования термальных вод обусловлена их экологическими преимуществами. Вместе с тем экономические аспекты эксплуатации требуют изучения.

Цель работы: технико-экономический анализ проекта по строительству геотермальной станции с циркуляционной схемой отбора тепла на базе Ханкальского месторождения термальных подземных вод Чеченской Республики.

Методы исследования: расчет экономических показателей инвестиционной привлекательности проекта по строительству Ханкальской геотермальной станции на основе дисконтированных денежных потоков по следующим стандартным показателям: чистый дисконтированный доход, внутренняя норма доходности, срок окупаемости и дисконтированный срок окупаемости; изучение возможных рисков разработки ресурса термальных подземных вод Ханкальского месторождения и способов их минимизации; сравнительный анализ с экономическими показателями газовой котельной, мировым опытом реализации геотермальных проектов, включая рассмотрение государственных методов стимулирования разработки термальных подземных вод.

Результаты. Доказана перспективность использования термальных подземных вод Чеченской Республики. Рассчитаны показатели инвестиционной привлекательности проекта по строительству Ханкальской геотермальной станции, а также аналогичных станций в пределах изучаемой территории, подтверждающие экономическую рентабельность эксплуатации данного ресурса. Рассмотрены преимущества разработки термальных подземных вод Чеченской Республики, а также основные риски, связанные с геотермальными проектами, и способы их минимизации. Дан прогноз по возможному замещению традиционных видов топлива при использовании термальных подземных вод исследуемой области. Разработаны рекомендации по содействию развитию геотермальной энергетики в России.

Ключевые слова:

Геотермальные ресурсы, термальные воды, месторождения подземных вод, альтернативная энергетика, оценка инвестиционной привлекательности.

Введение

Одним из основных источников пополнения бюджета России являются энергоресурсы. Однако постоянный рост в использовании таких традиционных видов энергии, как нефть, газ и уголь приводит к неуклонному сокращению их запасов. В последние годы в мире значительное внимание уделяется нетрадиционным возобновляемым источникам энергии, и среди них важное значение имеют термальные подземные воды. Россия обладает значительными ресурсами, но лишь их малая часть находит промышленное применение. Наиболее перспективными территориями Российской Федерации по геотермии являются Северный Кавказ и Дальний Восток. На Северном Кавказе одним из регионов, где в прошлом месторождения термальных подземных вод активно разрабатывались, является Чеченская Республика (3-е место по эксплуатационным запасам среди регионов России после Камчатки и Дагестана – 64,7 м³/сут) [1]. Трагические события 1994 г. и последующие экономические проблемы надолго остановили промышленное использование вод и развитие геотермии в республике [2]. В начале 2016 г. Грозненским государственным нефтяным техническим университетом им. акад. М.Д. Миллионщикова, ООО «Ар-энСтройцентр» и Государственным геологическим музеем им. акад. В.И. Вернадского РАН (ГТМ РАН) в составе консорциума «Геотермальные ресурсы» при поддержке Минобрнауки и научном сопровождении «Бюро геологических и горных исследований» (BRGM, Франция) реализован трехлетний проект по строительству пилотной геотермальной станции, использующей подземные термальные воды Ханкальского месторождения [3]. В данной статье приводятся общие результаты и освещаются экономические аспекты Ханкальской геотермальной станции и оценка разработки термальных подземных вод Чеченской Республики.

Диверсификация энергетики Чеченской Республики

На Северном Кавказе для полного удовлетворения возрастающих энергетических потребностей экономики и социальной сферы значительная часть используемых энергоресурсов (природный газ, электроэнергия) ввозится из других регионов, что требует дополнительных затрат на транспортировку [4]. Такая топливная зависимость является важным стимулом для освоения местных возобновляемых энергетических ресурсов (табл. 1) [5].

В то же время использование значительных ресурсов термальных подземных вод для различных целей теплоснабжения позволит повысить энергообеспеченность региона, а также снизить потребность в традиционном топливе. Современный объем замещения природного газа геотермальным теплом по югу России весьма незначителен и составляет около 0,12 % от общего объема газопотребления.

Таблица 1. Производство и потребление топливно-энергетических ресурсов в Чеченской Республике за 2014 г. [6]

Table 1. Production and consumption of energy resources in the Chechen Republic for 2014 [6]

Электро- энергия, млн кВт·ч Electricity, million kW·h	Теплоэнергия, тыс. Гкал Heat energy, thousand Gcal	Нефть добытая, тыс. тонн Oil extracted, thousand tons	Газ горючий природный, млн м ³ Natural gas, million m ³
Производство/Production			
2,8	658	447,1	160
Потребление/Consumption			
2536,1	553 (105 потери/ heat loss)	–	1478

Гидрогеологические особенности территории Чеченской Республики определяются ее положением в юго-восточной части Восточно-Предкавказского артезианского бассейна, гидрогеологической структуры общей площадью 250 тыс. км² вместе с субмаринной частью [7]. Основные перспективы исследуемой области связаны с среднемиоценовыми караган-чокракскими отложениями. В пределах Чечни всего разведано 14 месторождений термальных подземных вод, крупнейшим из которых является Ханкальское.

Таблица 2. Оценка тепловых ресурсов месторождений термальных подземных вод Чеченской Республики

Table 2. Assessment of the Chechen Republic geothermal waters deposits thermal resources

Месторождение Deposit	Средняя температура по устьям скважин, °C Average temperature at the wellheads, °C	$T_{\text{добычи}} - T_{\text{заземли}}$, °C	Эксплуатационные запасы, тыс. м ³ /сут Operational reserves, thous. m ³ /day	Выработка тепла, ГДж/сут Heat production, GJ/day	Суммарное количество тепла, ГДж/сут Total amount of heat, GJ/day
Ханкальское Khankala	81,5	36,5	15,6	2145	7347
Червленое Chervlenny	76	31	5,2	607	
Каргалинское Kargaly	96,5	51,5	5,0	970	
Новогрозненское Novogrozny	77	32	3,41	411	
Остальные Others	87,5	42,5	20	3213	

При переходе к разведанным запасам замещение природного газа термальными водами в Чеченской Республике возрастет до 6 % (табл. 3). Расчет суммарной выработки тепла термальными подземными водами производился по формуле [8], адаптированной для установки геотермальных циркуляционных систем теплоотбора (ГЦС) – наиболее рациональному и экологически безопасному на се-

годняшний день способу разработки месторождений термальных подземных вод (табл. 2):

$$G = 10^{-3} \cdot Q \cdot \eta \cdot C \cdot (T_{\text{добычи}} - T_{\text{закачки}}),$$

где G – тепловые ресурсы, ГДж/сут; Q – дебит, м³/сут; $T_{\text{добычи}}$ – температура извлекаемой воды из скважины (в среднем 95 °С); $T_{\text{закачки}}$ – температура закачиваемой воды в пласт (в среднем 45 °С); C – удельная теплоемкость воды (4,186 кДж/кг·°С); η – коэффициент полезного действия пластинчатого теплообменника 0,9.

По результатам оценки вероятная суммарная выработка тепла по месторождениям термальных подземных вод составляет 7,4 тыс. ГДж/сут, что подтверждает высокий ресурсный потенциал среднемиоценового караган-чокракского комплекса на территории Чеченской Республики.

Таблица 3. Сравнительная характеристика значений производства геотермальной энергии и объемов газозамещения по разведанным месторождениям Чеченской Республики

Table 3. Comparative characteristics of geothermal energy production and natural gas replacement potential by the explored deposits of the Chechen Republic

Газ горючий природный, млн м ³ /год Natural gas, million m ³ /year		Запасы, прогнозы термальных вод Reserves, potential reserves of geothermal waters		Потенциал теплопроизводства Heat production potential		Современный и возможный объем газозамещения Current and possible volume of gas replacement	
Производство Production	Потребление Consumption	Категории Categories	Тыс. м ³ /сут thous. m ³ /day	Тыс. Гкал/год thous. Gcal/year	Тыс. т. в. т/год thous. tef/year	млн м ³ /год million m ³ /year	% (от потребления газа) % (of gas consumption)
160	1478	Используемые ресурсы Resources used	4,8	78,9	11,27	10,79	0,73
		Разведанные запасы Explored reserves	64,68	641	91,56	87,64	5,93

Финансовые показатели и эффективность Ханкальской проекта

В сравнении с другими технологиями геотермальные проекты предполагают значительные первоначальные инвестиции: затраты на разведку, включающую сейсмические исследования, бурение скважин. Создание геотермальных циркуляционных систем также требует сравнительно высоких вложений в капитальное строительство. Вместе с тем операционные издержки являются низкими, хотя и варьируют в зависимости от количества и качества термальных вод и более предска-

заны в отличие от электростанций, основанных на традиционных источниках энергии, подверженных рыночным колебаниям. Небольшая себестоимость получаемого тепла за счет низких операционных затрат обуславливает конкурентоспособность ГЦС [9].

Ханкальская геотермальная станция не имеет аналогов в России, поэтому величина инвестиций на ее строительство возросла вследствие научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ (НИОКР) [5]. Но в дальнейшем планируется поставка инжиниринговых услуг в части монтажа ГЦС, тиражирования полученных результатов, что положительно скажется на эффективности проекта и возврата вложений. Кроме того, станции такого типа обладают потенциалом расширения полезного эффекта за счет возможностей подключения бинарной электростанции и блока извлечения полезных компонентов из теплоносителя – пластовой воды.

Ханкальская геотермальная циркуляционная система (рис. 1) – это изолированная станция со своим сетевым хозяйством. Потребителем является тепличный комплекс, но в будущем она способна обеспечивать энергией предприятия, учреждения и близлежащие объекты сельского хозяйства. Форма участия государства в финансовом обеспечении проекта – субсидирование со стороны Минобрнауки РФ. Финансирование проекта при общей стоимости 430 млн р.: собственные средства – 50 %, бюджетные средства Минобрнауки РФ – 50 %.

Энергосбытовая деятельность проектируемой станции регламентируется действующей нормативно-правовой базой РФ и Чеченской Республики, а также нормативными документами, приказами, распоряжениями и методическими указаниями Министерства энергетики РФ. Взаимоотношения с потребителями электроэнергии строятся на договорной основе в соответствии с гражданским законодательством РФ. Анализ предложения тепловой энергии показывает значительный диапазон в ценах реализации теплоэнергии. В 2015 г. стоимость составила от 880,64 до 1717,68 р. за одну Гкал тепла [11] при среднем тарифе по региону 1284,19 р. [6]. В расчетах также учитывался прогноз Министерства экономического развития РФ по росту стоимости коммунальных услуг до 2018 г. [12].

Затратами на производство теплоэнергии пилотной ГЦС являются: основные и вспомогательные материалы (включая ингибиторы солей), электроэнергия, плата за пользование подземными водами (разовый и регулярные платежи), оплата труда, отчисления от фонда заработной платы, амортизация основных фондов, текущий и капитальный ремонт и др.

Для оценки коммерческой эффективности использования термальных вод на ГЦС рассчитаны стандартные показатели инвестиционной привлекательности проекта [13]: срок окупаемости, ди-

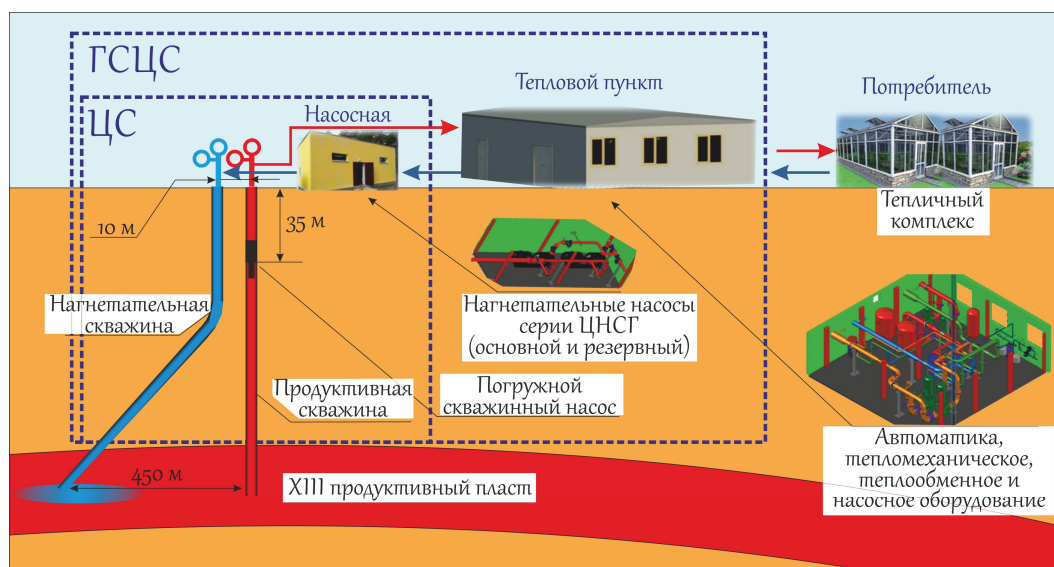


Рис. 1. Схематический рисунок геотермальной циркуляционной системы отбора тепла на Ханкальском месторождении [10]

Fig. 1. Schematic drawing of geothermal circulation system for heat extraction at the Khankala deposit [10]

сcontированный срок окупаемости, чистый дисконтированный доход, внутренняя норма рентабельности. Оценка основывается на ожидаемых в будущем денежных потоках и ставках дисконтирования, поэтому при использовании этого метода применительно к геологическим проектам главная проблема состоит в измерении риска (при оценке ставок дисконтирования) по анализу исторических данных [14]. Однако при пилотном запуске последние отсутствуют. Ставка дисконтирования

взята в размере 16 %, исходя из ставки рефинансирования 11 % и премии за риск, а также мировой практики геотермальных проектов [15]. Расчеты производились непосредственно для Ханкальского проекта (с учетом НИОКР и доходов от последующего тиражирования) (рис. 2) и для строительства станции аналогичной мощности (без НИОКР и тиражирования), а также для сравнения – газовой котельной аналогичной мощности (табл. 4).

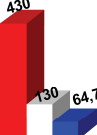
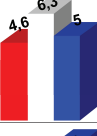
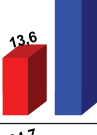
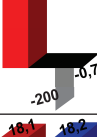


Рис. 2. Экономические показатели проекта Ханкальской геотермальной станции

Fig. 2. Economic parameters of the Khankala geothermal station project

Таблица 4. Экономические показатели (15-летний срок эксплуатации)

Table 4. Economic parameters (15 year exploitation period)

	Ханкальский проект Khankala project	Геотермальная станция Geothermal station	Газовая котельная Gas boiler plant	Сравнение Comparison
Капитальные расходы, млн р. Capital expenditures, million rub.	430	130	64,7	
Срок окупаемости, лет Payback period, years	4,6	6,3	5,0	
Дисконтированный срок окупаемости, лет Discounted payback period, years	13,6	>15 (не окупается)	≈15	
Чистый дисконтированный доход, млн р. Net present value, million rub.	324,7	-200	-0,7	
Внутренняя норма доходности, % Internal rate of return, %	18,1	8,7	18,2	

В целом показатели обнаруживают достаточную инвестиционную привлекательность проекта, за исключением реализации тепла, где существенным фактором выступает государственное регулирование тарифов. Для окупаемости проектов по использованию термальных подземных вод необходима государственная поддержка, в том числе в рамках тарифного регулирования.

Инвестиционная привлекательность Ханкальского проекта во многом определяется запланированным в будущем тиражировании результатов в виде строительства аналогичных геотермальных станций. В то же время установка геотермальной станции в сравнении с газовой котельной на сегодняшний день в экономическом плане не выдерживает конкуренции. Такие преимущества, как экологичность использования, геотермальная энергетика, не предполагают прямого сжигания первичного источника энергии [16], возобновляемость и наличие данного ресурса в пределах Чеченской Республики должны обратить внимание на развитие геотермальной энергетики в пределах региона, для которого, согласно экономической оценке, необходима поддержка на региональном и государственном уровне.

С точки зрения общественной эффективности развитие геотермии имеет важные преимущества. Она способствует созданию новых рабочих мест во время поисков, бурения и строительства геотермальных станций, а также постоянных рабочих мест при введении станции в эксплуатацию [17]. В дальнейшем в Чеченской Республике целесообразно расширение существующего на базе ГГНТУ им. академика Миллионщикова научно-исследовательского центра «Геология и геотермальная энергетика» для более детального изучения геотермальных ресурсов и подготовки и переподготовки специалистов. В целях исследований по геотермии и научному сопровождению строительства геотермальных станций центр может быть востребован как в республике, так и за ее пределами.

Риски

Для полноты экономической оценки использования геотермального ресурса необходимо учесть риски, возникающие при реализации ГЦС (рис. 3). Любой промышленный проект подвергается рискам, даже если они не материализуются в конечном счете. Наибольший уровень риска приходится на первую стадию – разведку и бурение, так как существует опасность пустой безводной скважины. С момента успешного бурения уровень риска снижается до приемлемого значения.

Этот риск невысок в случае разработки месторождений Чеченской Республики и Ханкальского месторождения термальных вод, в частности, благодаря высокой разбуренности территории (имеется множество старых скважин Октябрьского нефтяного месторождения), где геология известна, хотя и нуждается в уточнении.

При дальнейшей эксплуатации основной проблемой является возможное снижение температуры ресурса. Для целей прогноза изменения температурного фона в результате обратной закачки и выбора оптимального режима разработки используется компьютерное моделирование [18, 19]. Существует также риск коррозии и отложения солей в скважинах и наземных трубопроводах [20, 21]. Воды XIII продуктивного пласта имеют слабую минерализацию и поэтому невысокую коррозионную активность, что благоприятствует разработке и уменьшает возможные затраты на преждевременную смену скважинного оборудования [22].

К другим факторам риска можно отнести:

- 1) экономические факторы, подавляющее большинство которых не контролируется предприятием: реформирование энергетики в масштабах страны, меняющееся законодательство, нестабильная обстановка в отраслях и т. д.;
- 2) природные условия, в том числе метеорологические. В районе расположения Ханкальской ГЦС среднегодовая температура является оптимальной, поэтому нет как такового риска повреждения оборудования, зданий, а также линий электропередач;

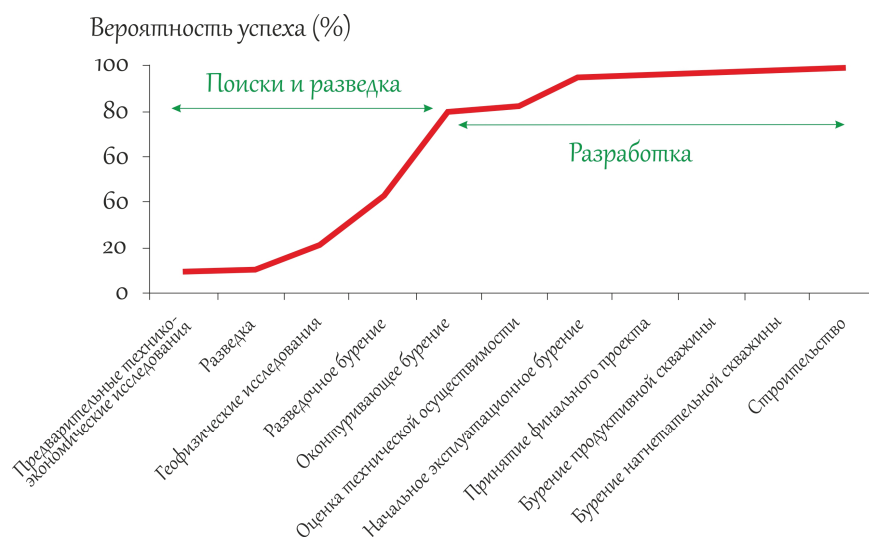


Рис. 3. Вероятность успеха геотермального проекта на различных стадиях [23]

Fig. 3. Probability of the geothermal project success at different stages [23]

- 3) политические риски, среди которых основным является возможное «замораживание» развития промышленности и сельского хозяйства Чеченской Республики, что приведет к снижению спроса в тепловой энергии. Для Ханкальской ГЦС существует риск необоснованного государственного регулирования тарифов: искусственное сдерживание, директивное снижение либо утверждение тарифов, неадекватных затратам станции;
- 4) риск потери активов в результате порчи имущества включает в себя риски вывода объектов энергетики из рабочего состояния и порчи имущества станции вследствие аварий, хищений, природных явлений. Для предотвращения убытков от указанных рисков будут заключаться договоры добровольного страхования имущества от огня и других опасностей;
- 5) технические и операционные риски связаны с эксплуатацией оборудования и обусловлены такими факторами, как отказы оборудования и механизмов, недочеты в проектной документации, отклонения от расчетных свойств внешней среды, ошибки оперативного персонала. На станции ежегодно должны проводиться планово-предупредительные, капитальные и текущие ремонтные работы энергетического оборудования, что позволит продлить его парковый ресурс. В целях снижения операционного риска предполагается проводить обучение работников в институтах повышения квалификации (в частности, в ГНТУ им. акад. М.Д. Миллионщикова).

Принципиальной особенностью проекта по строительству ГЦС является инновационный характер. С точки зрения геологических, технических, экономических и маркетинговых параметров данный проект представляет безусловный интерес. Но, как и любой проект инновационной на-

правленности, все потенциальные риски можно изучить только после реализации пилотного проекта, который в случае положительного результата будет способствовать изменению структуры энергопотребления в регионах, обладающих геотермальными запасами.

Необходимые меры для развития геотермальных проектов

Основным барьером для инициации проекта является сложность привлечения финансирования на начальных стадиях разработки. Наличие и качество ресурса не может быть подтверждено до бурения первой скважины, и поэтому инвестиции в начальные стадии проекта имеют высокую степень риска. Результативность бурения разведочных скважин низка (20–60 %) в неисследованных территориях, однако на изученной местности, к которой можно отнести Ханкальское месторождение, вероятность успеха достаточно высока (80–90 %) [23].

Сочетание финансовых механизмов и стимулов — это ключ к успешному геотермальному проекту (табл. 5). Как отмечалось выше, геотермальные проекты характеризуются высокими предварительными расходами и сравнительно низкими операционными издержками. Из этого следует, что гранты могут стимулировать инвестиции, а специальные закупочные тарифы способны обеспечить доходность проекта и увеличить прибыли на стадии эксплуатации. Финансовые институты утверждают, что для традиционных форм финансирования геотермальных проектов на ранних стадиях риски слишком велики, поэтому необходимо привлечение частного капитала или государственных грантов. На заключительных этапах проекта могут быть применены классические схемы финансирования проектов [24].

Таблица 5. Основные преимущества и недостатки финансовых инструментов [24]

Table 5. The main advantages and disadvantages of financial instruments [24]

Инструмент Instruments offered	Сильные стороны Main strengths	Слабые стороны Main weakness
Специальные закупочные тарифы Feed-in Tariffs	Гарантированный доход в течение длительного периода Secure income over a long term period	Действует лишь на заключительных стадиях проекта Acts at a very late project stage
Сокращение налогов Tax reduction	Стимулирует большие капиталовложения Promote increased capital investment	В основном влияет на стадию эксплуатации – момент получения прибыли Affects mainly the operational phase when revenues are generated
Гранты Grants	Заменяют акционерный капитал Substitute equity	Управление государственными средствами Management of public money
Банковские займы Bank Facilities	Дают возможность финансировать проекты, требующие больших объемов инвестиций Possibility to finance projects with high investment volumes	Сложно применить на этапе разведки без использования страхования Difficult to apply at the exploration stage without insurance mechanism
Торговля сертификатами/ система квот Tradable certificates/ Quota systems	Практически не действует государ- ственные средства Deals with very few public money	Нет гарантированного и фиксированного дохода в долгосрочной перспективе No long term secured and fixed income

Одним из способов преодоления главного барьера геотермальных проектов – необходимости финансирования стадий разведки и технико-экономического обоснования, является система страхования геологических рисков. В Европе существуют различные варианты страхования для покрытия геологического риска. Финансирование страхования, как правило, происходит из национальных страховых фондов, которые были созданы по инициативе правительств, желающих поддержать развитие геотермальной энергетики. Некоторые страны также предлагают подлежащие погашению субсидии для бурения первой скважины. Национальные фонды могут предложить гарантии возмещения в случае материализации геологических рисков (например, во Франции, Нидерландах, Швейцарии) или заем, который не подлежит возврату, если риск материализуется (например, Германия, Исландия) [24]. К сожалению, в России на сегодняшний день систем страхования в области геотермальной энергетики не предусмотрено. Реализацию геотермальных проектов здесь затрудняет также отсутствие специальной законодательной базы, регулирующей отношения в данной сфере.

В то же время большой интерес к геотермальной энергетике проявляют органы государственного управления и предприятия коммунального хозяйства Чеченской Республики, Дагестана, Республики Адыгея, Краснодарского края, Томской и Московской областей. Около 50 субъектов федерации одобрили проект «Развитие петротермальной энергетики в России», а также подписали обращение к Президенту РФ о необходимости государственной поддержки и создания структуры для его реализации [25].

Для успешного развития геотермальной энергетики в РФ на настоящем этапе требуется [26]:

- разработка государственной программы поддержки использования геотермальных ресурсов в рамках «Энергетической стратегии России на период до 2030 года» [27];
- формирование федеральной целевой программы «Возобновляемая энергетика»;
- разработка нормативно-методической базы оценки и использования геотермальных ресурсов с учетом современных технологий эксплуатации;
- создание механизмов страхования рисков в данной области;
- организация условий для привлечения частных инвесторов;
- подготовка кадров для геотермальной энергетики.

Решение данных проблем и задач будет значительно способствовать развитию геотермальной энергетики в России и в Чеченской Республике в частности.

Выводы

Экономическая оценка показывает относительную инвестиционную привлекательность проектов по эксплуатации месторождений термальных подземных вод Чеченской Республики. В то же время в сравнении с традиционными источниками топлива использование термальных подземных вод уступает по экономическим показателям, что подтверждает необходимость государственной поддержки развития геотермальной энергетики. Основная цель Ханкальского проекта состоит не только в получении тепловой энергии, но и в ценном опыте, который обеспечит строительство коммерчески успешных геотермальных станций в дальнейшем. Планируемое строительство геотермальных станций на разведанных месторождениях термальных подземных вод с использованием циркуляционной системы теплоотбора будет значительным вкладом в диверсификацию энергетики республики и в повышение эффективности использования термальных вод без ущерба для окружающей среды.

На сегодняшний день переход к таким альтернативным источникам энергии, как геотермальные, является особенно актуальным – 2017 г. Указом Президента объявлен годом экологии.

Исследования выполнены при поддержке Министерства образования и науки Российской Федерации, договор № 02.G25.31.0056.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Алхасов А.Б. Возобновляемая энергетика. – М.: Физматлит, 2012. – 256 с.
2. 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.
3. Перспективы использования геотермальных вод в Предкавказской предгорной зоне (Ханкальское месторождение) / А.М. Фархутдинов, И.М. Фархутдинов, Р.А. Исмагилов, С.В. Черкасов // Вестник Академии наук Республики Башкортостан. – 2014. – Т. 19. – № 4. – С. 34–43.
4. Дураева Е. Возобновляемая энергия в России: от возможности к реальности. – Париж: Международное энергетическое агентство, 2004. – 120 с.
5. Перспективы развития геотермальной энергетики в Чеченской республике / Ю.Н. Малышев, Х.Э. Таймасханов, Ш.Ш. Заурбеков, М.Ш. Минцаев // Геоэкологические, медико-биологические и рекреационные вопросы устойчивого развития горных территорий. – 2014. – № 1 (19). – С. 63–67.
6. Министерство экономического, территориального развития и торговли Чеченской Республики. URL: <http://econopoly-chr.ru/wp-content/uploads/2013/12/22.07.15-конечный-вариант-форма1.xls> (дата обращения: 07.11.2016).
7. Киссин И.Г. Восточно-Предкавказский артезианский бассейн. – М.: Недра, 1964. – 240 с.
8. Ресурсы термальных вод СССР / под ред. С.С. Бондаренко. – М.: Наука, 1975. – 240 с.
9. Богуславский Э.И., Певзнер Л.А., Хахаев Б.Н. Перспективы развития геотермальной технологии // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). – 2000. – № 5. – С. 142–148.
10. Результаты проекта строительства пилотной геотермальной станции с циркуляционной схемой отбора тепла на Ханкальском месторождении Чеченской Республики / Ш.Ш. Заурбеков, М.Ш. Минцаев, С.В. Черкасов А.А. Шаипов, М.М. Лабазанов, А.М. Фархутдинов // Возобновляемая энергетика: пути повышения энергетической и экономической эффективности: Материалы третьего международного форума. – Крым, Ялта, 17–19 ноября 2015. – С. 123–136.
11. Государственный комитет цен и тарифов Чеченской Республики. URL: <http://tarif95.ru/content/регулируемые-тарифы-цены-на-коммунальные-услуги-по-чеченской-республике-на-2015-год-в-рублях> (дата обращения: 11.11.2016).
12. Министерство экономического развития Российской Федерации URL: <http://economy.gov.ru/wps/wcm/connect/fb93efc7-d9ad-4f63-8d51-f0958ae58d3e/1-Прогноз+на+2016-2018+годы.pdf?MOD=AJPERES&CACHEID=fb93efc7-d9ad-4f63-8d51-f0958ae58d3e> (дата обращения: 21.11.2016).
13. Карев В.П. Математическое моделирование бизнеса – оценка, инвестиционное проектирование, управление предприятием. – М.: Маросейка, 2010. – 347 с.
14. Damodaran A. Investment Valuation: Tools and Techniques for Determining the Value of Any Asset. – New York: John Wiley & Sons, 2012. – 992 p.
15. Geirdal C., Gudjonsdottir M., Jensson P. Economic comparison of a well-head geothermal power plant and a traditional one // Geothermics. – January 2015. – V. 53. – P. 1–13.
16. Matek B. Promoting geothermal energy: Air emissions comparison and externality analysis. – Washington DC: Geothermal Energy Association, 2013. – 19 p.
17. Kagel A. A Handbook on the Externalities, Employment, and Economics of Geothermal Energy. – Washington, DC, USA: Geothermal Energy Association, 2006. – 65 p.
18. A case study of the modeling of a hydrothermal reservoir: Khan-kala deposit of geothermal water / A. Farkhutdinov, P. Goblet, C. de Fouquet, S.V. Cherkasov // Geothermics. – 2016. – V. 59. – P. 55–56.
19. Ungemach P., Antics M., Lalos P. Sustainable geothermal reservoir management – a modelling suite // Proceedings of Australian Geothermal Energy Conference. – Melbourne, 16–18th November 2011. – P. 267–275.
20. Бекетов С.Б., Коссович Т.А., Штепа С.И. Анализ рисков при реализации научно-технических решений в области бурения и капитального ремонта скважин // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). – 2005. – № 6. – С. 52–54.
21. 40 years of Dogger aquifer management in Ile-de-France, Paris Basin, France / S. Lopez, V. Hamm, M. Le Brun et al. // Geothermics. – 2010. – № 39. – P. 339–356.
22. Kagel A. The State of Geothermal Technology. P. II: Surface Technology. – Washington, DC: Geothermal Energy Association, 2008. – 78 p.
23. Training Course on Geothermal District Heating Manual Book / B. Kepińska, A. Kasztelewicz, P. Dumas, A. Latham, L. Angelino. – Krakow: MEERI PAS, 2014. – 75 p.
24. Financial instruments as support for the exploitation of geothermal energy. Geothermal finance and awareness in European regions (GEOFAR) report. – 2009. – 44 p. URL: http://www.energy.gr/geofar/articlefiles/geofar_report_06_09.pdf (дата обращения: 21.11.2016).
25. Гнатусь Н.А. Петротермальная энергетика России. Основные тенденции в использовании невозобновляемых природных энергетических ресурсов // Технологии мира. – 2012. – № 7 (45). – С. 19–23.
26. The state and prospects for the utilization of geothermal resources in the Russian Federation / S.V. Cherkasov, T.G. Churikova, L.R. Bekmurzaeva, B.N. Gordeichik, A.M. Farkhutdinov // Ecology, Environment and Conservation. – 2015. – V. 21. – Suppl. Iss. – P. 67–77.
27. Энергетическая стратегия России на период до 2030 года. Утверждена Распоряжением Правительства РФ от 13 ноября 2009 г. № 1715-р.

Поступила 07.12.2016 г.

Информация об авторах

Фархутдинов А.М., ассистент кафедры геологии и геоморфологии Географического факультета Башкирского государственного университета.

Хамитов И.Ш., начальник отдела развития ОАО «Башкирская электросетевая компания».

Черкасов С.В., кандидат геолого-минералогических наук, директор по научной работе Государственного геологического музея им. акад. В.И. Вернадского.

Минцаев М.Ш., доктор технических наук, заведующий кафедрой автоматизации и управления Грозненского государственного нефтяного технического университета им. акад. М.Д. Миллионщикова.

Заурбеков Ш.Ш., доктор географических наук, профессор, заведующий кафедрой экологии и природопользования Грозненского государственного нефтяного технического университета им. акад. М.Д. Миллионщикова.

Шаипов А.А., кандидат геолого-минералогических наук, доцент кафедры прикладной геологии Грозненского государственного нефтяного технического университета им. акад. М.Д. Миллионщикова.

Лабазанов М.М., кандидат геолого-минералогических наук, доцент кафедры прикладной геологии Грозненского государственного нефтяного технического университета им. акад. М.Д. Миллионщикова.

UDC 553.78:338.314:620.91

GEOHERMAL WATERS OF EAST-CISCAUSASIAN ARTESIAN BASIN: ECONOMICAL ASPECTS OF USING BY THE EXAMPLE OF KHANKALA DEPOSIT

Anvar M. Farkhutdinov¹,

anvarfarh@mail.ru

Ildar Sh. Khamitov²,

il.khamitov@gmail.com

Sergei V. Cherkasov³,

sergei_v_cherkasov@mail.ru

Magomed Sh. Mintshev⁴,

ranas@rambler.ru

Sharputdi Sh. Zaurbekov⁴,

zaurbekov@gstou.ru

Arbi A. Shaipov⁴,

a.shaipov@gmail.com

Magomed M. Labazanov⁴,

geologs@mail.ru

¹ Bashkir State University,
32, Zaki Validi Street, Ufa, 450076, Russia.

² Joint Stock Company «Bashkirian Power Grid Company»,
126, Komsomolskaya Street, Ufa, 450096, Russia.

³ Vernadsky State Geological Museum,
11, Mokhovaya Street, Moscow, 125009, Russia.

⁴ Grozny State Oil Technical University,
100, Ordzonikidze Square, Grozny, 364051, Russia.

The relevance of the discussed issue is caused by the growing interest in renewable energy, where geothermal waters have special significance. The prospects for using geothermal waters are proved by their environmental benefits. However, the economic aspects of exploitation need to be studied.

The main aim of the study is the feasibility study of the project for constructing a geothermal plant with a circulating heat extraction scheme on the basis of the Khankala geothermal waters deposit of the Chechen Republic.

The methods used in the study: calculation of the economic parameters of investment attractiveness of the project for constructing the Khankala geothermal plant based on discounted cash flows on the following standard criteria: net present value, internal rate of return, payback period and discounted payback period; study of the possible risks of the Khankala geothermal waters deposit development and ways to minimize them; comparative analysis with gas boiler, worldwide experience of geothermal projects implementation, including consideration of government incentives to stimulate the use of geothermal waters.

The results. The authors have proved the prospects for geothermal waters use in the Chechen Republic, and calculated the indicators of investment attractiveness of the project for constructing the Khankala geothermal plant and similar stations within the study area, confirming the economic feasibility of using this resource. The paper considers the advantages of the development of geothermal waters of Chechnya, as well as the main risks associated with geothermal projects, and the ways to minimize them. The forecast for the possible substitution of fossil fuels by using geothermal waters of the study area is introduced. The recommendations to promote the development of geothermal energy in Russia are given.

Key words:

Geothermal waters, deposits of geothermal waters, alternative energy, evaluation of investment attractiveness.

The research was supported by the Ministry of Education and Science of the Russian Federation, agreement no. 02.G25.31.0056

REFERENCES

1. Alkhasov A.B. *Vozobnovlyаемая энергетика* [Renewable energy]. Moscow, Fizmatlit Publ., 2012. 256 p.
2. Farkhutdinov A.M., Farkhutdinov I.M., Ismagilov R.A. History of discovery and development of the Khankala geothermal waters deposit. *Bulletin of Bashkir University*, 2014, vol. 19, no. 1, pp. 93–97. In Rus.
3. Farkhutdinov A.M., Farkhutdinov I.M., Ismagilov R.A., Cherkasov S.V. Prospects for using geothermal waters in the Cis-Caucasian submontane zone (Khankala field). *The Herald of the Academy of Sciences of the Republic of Bashkortostan*, 2014, vol. 19, no. 4, pp. 34–43. In Rus.
4. Duraeva E. *Vozobnovlyаемая энергия в России: от возможности к реальности* [Renewable energy in Russia. From possibility to reality]. Paris, International energy agency, 2004. 120 p.
5. Malyshev Yu.N., Taymashanov H.E., Zaurbekov Sh.Sh., Mintsaevev M.Sh. Perspektivy razvitiya geotermalnoy energetiki v Chechenskoj respublike [Geothermal resources of the Chechen Republic: current state and prospects]. *Geoekologicheskie, mediko-biologicheskie i rekreatsionnye voprosy ustoychivogo razvitiya gornyx territorij*, 2014, no. 1 (19), pp. 63–67.
6. Ministerstvo ekonomicheskogo, territorialnogo razvitiya i torgovli Chechenskoj Respubliki [The Ministry of Economic, Territorial development and Trade of the Chechen Republic]. Available at: <http://economy-chr.ru/wp-content/uploads/2013/12/22.07.15-konечный-вариант-форма1.xls> (accessed 07 November 2016).
7. Kissin I.G. *Vostochno-Predkavkazskij artezianskij bassejn* [The East-Ciscaucasian artesian basin]. Moscow, Nedra Publ., 1964. 240 p.
8. *Resursy termal'nykh vod SSSR* [The resources of geothermal waters of the USSR]. Ed. by S.S. Bondarenko. Moscow, Nauka Publ., 1975. 240 p.
9. Boguslavsky E.I., Pevzner L.A., Khakhaev B.N. Perspektivy razvitiya geotermalnoy tekhnologii [Prospects for development of geothermal technologies]. *Mining informational and analytical bulletin (scientific and technical journal)*, 2000, no. 5, pp. 142–148.
10. Zaurbekov Sh.Sh., Mintsaevev M.Sh., Cherkasov S.V., Shai-pov A.A., Labazanov M.M., Farkhutdinov A.M. Rezultaty proekta stroitel'stva pilotnoy geotermalnoy stantsii s tsirkulyatsionnoy skhemoy otbora tepla na Khankalskom mestorozhdenii Chechenskoj Respubliki [The results of a pilot project of a geothermal plant with a circulating system of heat extraction at the Khankala deposit of the Chechen Republic]. *Vozobnovlyаемая энергетика: puti povysheniya energeticheskoy i ekonomicheskoy effektivnosti. Materialy tret'ego mezhdunarodnogo foruma* [Proc. of the third International forum. Renewable Energy: Towards Raising Energy and Economic Efficiencies]. Crimea, Yalta, 2015. pp. 123–136.
11. Gosudarstvenny komitet tsen i tarifov Chechenskoj Respubliki [State Committee of prices and tariffs of the Chechen Republic]. Available at: <http://tarif95.ru/content/регулируемые-тарифы-цены-на-коммунальные-услуги-по-чеченской-республике-на-2015-год-в-рублях> (accessed 11 November 2016).
12. Ministerstvo ekonomicheskogo razvitiya Rossijskoj Federatsii [Ministry of Economic development of the Russian Federation]. Available at: <http://economy.gov.ru/wps/wcm/connect/fb93efc7-d9ad-4f63-8d51-f0958ae58d3e/1-Прогноз+на+2016-2018+годы.pdf?MOD=AJPERES&CACHEID=fb93efc7-d9ad-4f63-8d51-f0958ae58d3e> (accessed 21 November 2016).
13. Karev V.P. *Matematicheskoe modelirovanie biznesa – otsenka, investitsionnoe proektirovanie, upravlenie predpriyatiem* [Mathematical modeling of business – evaluation, investment planning, business management]. Moscow, Maroseyka Publ., 2010. 347 p.
14. Damodaran A. *Investment Valuation: Tools and Techniques for Determining the Value of Any Asset*. New York, John Wiley & Sons, 2012. 992 p.
15. Geirdal C., Gudjonsdottir M., Jensson P. Economic comparison of a well-head geothermal power plant and a traditional one. *Geothermics*, January 2015, vol. 53, pp. 1–13.
16. Matek B. *Promoting geothermal energy: Air emissions comparison and externality analysis*. Washington, DC, Geothermal Energy Association, 2013. 19 p.
17. Kagel A. *A Handbook on the Externalities, Employment, and Economics of Geothermal Energy*. Washington, DC, USA, Geothermal Energy Association, 2006. 65 p.
18. Farkhutdinov A., Goblet P., de Fouquet C., Cherkasov S.V. A case study of the modeling of a hydrothermal reservoir: Khankala deposit of geothermal water. *Geothermics*, 2016, vol. 59, pp. 55–56.
19. Ungemach P., Antics M., Lalos P. Sustainable geothermal reservoir management – a modelling suite. *Proc. of Australian Geothermal Energy Conference*. Melbourne, 16–18th November 2011. pp. 267–275.
20. Beketov S.B., Kossovich T.A., Shtepa S.I. Analiz riskov pri realizatsii nauchno-tekhnicheskikh resheniy v oblasti bureniya i kapitalnogo remonta skvazhin [Risk analysis in implementation of scientific and technical solutions in the field of drilling and workover]. *Mining informational and analytical bulletin (scientific and technical journal)*, 2005, no. 6, pp. 52–54.
21. Lopez S., Hamm V., Le Brun M. 40 years of Dogger aquifer management in Ile-de-France, Paris Basin, France. *Geothermics*, 2010, no. 39, pp. 339–356.
22. Kagel A. *The State of Geothermal Technology. P. II: Surface Technology*. Washington, DC, Geothermal Energy Association, 2008. 78 p.
23. Kępińska B., Kasztelewicz A., Dumas P., Latham A., Angelino L. *Training Course on Geothermal District Heating Manual Book*. Krakow, MEERI PAS, 2014. 75 p.
24. *Financial instruments as support for the exploitation of geothermal energy. Geothermal finance and awareness in European regions (GEOFAR) report*. 2009. 44 p. Available at: http://www.energia.gr/geofar/articlefiles/geofar_report_06_09.pdf (accessed 21 November 2016).
25. Gnatus N.A. Petrotermalnaya energetika Rossii. Osnovnye tendentsii v ispolzovanii nevozobnovlyаемых prirodnykh energeticheskikh resursov [Russian petrotermal energy. Major trends in using non-renewable natural energy resources]. *Tekhnologii mira*, 2012, no. 7 (45), pp. 19–23.
26. Cherkasov S.V., Churikova T.G., Bekmurzaeva L.R., Gordeychik B.N., Farkhutdinov A.M. Sostoyaniye i perspektivy ispolzovaniya geotermalnykh resursov v Rossijskoj Federatsii [Current state and prospects of geothermal resources use in the Russian Federation]. *GEOENERGY: Materialy mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii* [Proc. of International scientific and technical conference. Geoenergy]. Grozny, 2015. pp. 303–322.
27. *Energeticheskaya strategiya Rossii na period do 2030 goda. Utverzhdena rasporyazheniem pravitel'stva RF ot 13 noyabrya 2009 g. no. 1715-p* [Energy Strategy of Russia for the period up to 2030 approved by decree no. 1715-r of the Government of the Russian Federation dated 13 November 2009].

Received: 7 December 2016.

Information about the authors

Anvar M. Farkhutdinov, assistant, Bashkir State University.

Ildar Sh. Khamitov, head of the department, Joint Stock Company «Bashkirian Power Grid Company».

Sergei V. Cherkasov, Cand. Sc., director, Vernadsky State Geological Museum.

Magomed Sh. Mintshev, Dr. Sc., head of the department, Grozny State Oil Technical University.

Sharputdi Sh. Zaurbekov, Dr. Sc., professor, head of the department, Grozny State Oil Technical University.

Arbi A. Shaipov, Cand. Sc., associate professor, Grozny State Oil Technical University.

Magomed M. Labazanov, Cand. Sc., associate professor, Grozny State Oil Technical University.