

DOI 10.25689/NP.2018.1.108-114

УДК 621.311.22:551.23

**К ВОПРОСУ О ВОЗМОЖНОСТИ УТИЛИЗИЦИИ  
НИЗКОТЕМПЕРАТУРНОЙ ГЕОТЕРМАЛЬНОЙ ЭНЕРГИИ ДЛЯ ЕЁ  
ПРЕОБРАЗОВАНИЯ В ЭЛЕКТРИЧЕСКУЮ**

**<sup>1</sup>Гуторов Ю.А., <sup>1</sup>Габдрахимов В.Э., <sup>2</sup>Габдрахманова К.Ф.,**

**<sup>2</sup>Измайлова Г.Р., <sup>3</sup>Ахмадиев Р.Н.**

<sup>1</sup>РКНТЦ «Нефтяная долина», <sup>2</sup>Октябрьский филиал УГНТУ,

<sup>3</sup>ООО «Технопромсервис»

**POTENTIAL OF CONVERTING LOW-TEMPERATURE  
GEOTHERMAL ENERGY TO ELECTRIC ENERGY**

**<sup>1</sup>Gutorov U.A., <sup>1</sup>Gabdrakhimov V.E., <sup>2</sup>Gabdrakhmanova K.F.,**

**<sup>2</sup>Izmailova G.R., <sup>3</sup>Akhmadiev R.N.**

<sup>1</sup>RKNTC Neftyanaya Dolina,

<sup>2</sup>Ufa State Oil Technical University, Oktyabrsky Branch,

<sup>3</sup>ООО Tekhnopromservis

**E-mail: gutorov70@mail.ru**

**Аннотация:** В статье обсуждается вопрос о возможности преобразования низкотемпературной геотермальной энергии с температурой не более  $+45\div 50^{\circ}\text{C}$  в электрическую. Интерес к этой проблеме вызван тем, что имеется большой фонд эксплуатационных скважин (более 300 тыс.) глубиной до 2000 м, которые предназначены для разработки месторождений нефти в Урало-Поволжском регионе, относящиеся к трудноизвлекаемым запасам требующих для своей добычи неоправданно высоких затрат энергоресурсов. Учитывая современные инновационные достижения в области разработки топливных элементов, которые могут не только служить источником относительно не дорогой

электроэнергии, но также генерировать значительное количество тепла для прогрева продуктивных пластов и транспортируемой на поверхность добываемой из них продукции, то их применение открывает новые перспективные возможности для существенной экономии энергоресурсов при эксплуатации малодебитных скважин при добыче ТРИЗ из пластов с низкотемпературной геотермальной энергией, залегающих на относительно небольших глубинах (до 2000 м).

***Ключевые слова:** геотермальная энергия, топливные элементы, трудноизвлекаемые запасы, ЭЦН, сепаратор, бинарный контур теплообмена, компрессор, теплообменник, конденсатор, электропарогенератор.*

**Abstract.** The paper discusses possibility of converting low-temperature geothermal energy (max 45-50°C) to electric energy. This problem attracts interest since there are a lot of wells (over 300,000) with depth up to 2000 m in the Volga-Ural region drilled to produce unconventional oil, which requires unreasonably high energy consumption. Modern innovative fuel cells can be a source of relatively cheap energy, as well as generate sufficient amount of thermal energy to heat producing formations and wellbore fluids that are lifted to the surface. Application of these fuel cells opens far-reaching possibilities for significant energy savings for marginal wells when producing unconventional reserves from relatively shallow reservoirs (less than 2000 m) with low-temperature geothermal energy.

***Key words:** geothermal energy, fuel cells, unconventional reserves, ESP, separator, binary heat-exchange loop, compressor, heat exchanger, condenser, electric steam generator*

Проблема утилизации низкотемпературной геотермальной энергии волнует в настоящее время многих исследователей в России. Так,

например, специалистами кафедры «Термодинамики, теплотехники и энергосбережения» МАМИ были опубликованы результаты исследовательской работы посвященные проблеме утилизации низкотемпературной геотермальной энергии для производства электроэнергии при эксплуатации нефтяных скважин [1].

На основе этих результатов сотрудники «Института нефти, газа и энергетики» КубГТУ разработали конструкцию электротурбины, работающей на низкотемпературном испарителе [2].

Однако детальное ознакомление с указанными работами показало, что к низкотемпературным коллекторам авторы относят объекты с температурой не менее  $+150^{\circ}\text{C}$ , что вполне приемлемо для эксплуатационного фонда нефтегазовых скважин на территории Краснодарского и Ставропольского краев, но совершенно не подходит для месторождений Урало-Поволжского региона, где как действующий, так и бездействующий фонд нефтяных скважин, насчитывающий до 300 тыс., имеет максимальную глубину до 2000 м с температурой на забое не более  $+50^{\circ}\text{C}$ . Очевидно, что в подобных геотермальных условиях способы ее утилизации, изложенные в вышеупомянутых работах, не могут быть использованы.

Другие исследователи предложили решение данной проблемы достаточно радикальным способом, который заключается в простом углублении скважин до геотермальных отложений с необходимой для утилизации температурой ( $+150^{\circ}\text{C}$  и более) [3]. Очевидно, что такой способ утилизации геотермальной энергии для условий Урало-Поволжского региона вряд ли применим, поскольку, чтобы достигнуть до горных пород с указанной предельной температурой при значениях термоградиента в этом регионе порядка  $0,02^{\circ}\text{C}/100\text{ м}$ , придется бурить (или добуривать) скважины до глубины 3000 м и более [4], что существенно повышает себестоимость выработки электроэнергии,

особенно, если учесть дополнительные затраты необходимые на транспортировки теплоносителя с указанной температурой на поверхность с большей глубины.

Поиск выхода из указанного положения для скважин Урало-Поволжского региона является особенно актуальным, поскольку с их помощью активно ведется разработка большинства местных нефтяных месторождений, находящихся на завершающей стадии эксплуатации, которая характеризуется низкой экономической рентабельностью из-за значительного перерасхода энергетических ресурсов, экономия которых является для нефтедобывающих предприятий одной из актуальных проблем.

С целью решения проблемы повышения рентабельности преобразования низкотемпературной ( $+45\div 50^{\circ}\text{C}$ ) геотермальной энергии в электрическую предлагается оснастить глубинно-насосное оборудование на забое низкотемпературных (до 2000 м) скважин топливными элементами [5], которые обеспечат электроэнергией электронасосы ГНО с одной стороны, а также прогревают призабойную зону пласта за счет выделения тепловой энергии температурой от  $+100^{\circ}\text{C}$  и более, повышая тем самым его продуктивность и одновременно нагревают добываемую из пласта жидкость (смесь нефти и воды) до той же температуры.

Затем, эта разогретая до  $+100\div 150^{\circ}\text{C}$  пластовая жидкость с помощью ГНО, приводимого в действие электроприводом, питаемым топливными элементами, поступает в сепарационную установку, которая может быть расположена в скважине [6], либо на поверхности, где происходит процесс сепарации (разделения) нефти от воды. После чего нефть по отдельному трубопроводу поступает на групповую замерную установку для учета и последующей транспортировки в резервуарный нефтепарк, а нагретая до температуры  $+100\div 150^{\circ}\text{C}$  попутная вода по другому трубопроводу, представляющему собой первичный контур бинарной энергоустановки

[1, 2], поступает в теплообменник, который является составным элементом вторичного контура, где циркулирует за счет компрессора паровоздушная смесь легкоиспаряющейся жидкости приводящая в движение паровую электротурбину. В свою очередь теплая попутная вода после теплообменника поступает на блочную насосную станцию для последующего нагнетания в продуктивный пласт.

Таким образом за счет оснащения ГНО топливными элементами удастся поднять забойную температуру напротив продуктивного пласта до оптимальной величины ( $+100\div 150$  °С), что с одной стороны позволит обеспечить глубокий прогрев низкотемпературного пласта и нагреть добываемый пластовый флюид транспортируемый на поверхность до оптимальной величины ( $+80\div 100$  °С), дающий возможность с помощью бинарного контура утилизации геотермальной энергии преобразовать ее в электричество по напряжению и мощности приемлемое для его промышленного применения в качестве источника питания инфраструктурных объектов нефтепромысла.

Предлагаемый способ утилизации низкотемпературной геотермальной энергии, несмотря на относительно высокую стоимость топливных элементов, позволит существенно повысить рентабельность их применения благодаря использованию при эксплуатации малодебитных нефтяных скважин с начальной низкой температурой на забое, что позволит повысить их продуктивность, а также обеспечит глубинно-насосное оборудование автономными источниками питания, в качестве которых выступают топливные элементы.

Кроме того, существенно удешевляет применение топливных элементов возможность использования ими в качестве топлива легких фракций нефти добываемой из прогреваемого с их помощью продуктивного пласта [7].

**Список литературы:**

1. Г.В. Томаров. «Бинарные энергоблоки для производства электроэнергии на основе использования низкотемпературного теплоносителя» //URL:<http://ttie.ru/binary/>.
2. А.В. Бунякин, М.Г. Приходько, П.С. Кунина «Расчет и оптимизация теплового насоса в комбинации с бинарной энергоустановкой для использования отработавших нефтяных и газовых скважин в качестве теплового низкотемпературного коллектора», Самара, «Нефть. Газ. Новации», 2017, № 5, с.71-79.
3. Н.А. Гнатусь. «Термальная энергетика России. Перспективы освоения и развития»//М., ИНП РАН, 2013, 35 с.
4. В.П. Боронин и др. «Геофизическое изучение кристаллического фундамента Татарстана»// Казань, КГУ, 1982, 200 с.
5. А.Ю. Раменский, С.А. Григорьев, «Технологии топливных элементов: вопросы технического регулирования»//УСГАЕЕ, 2016, №19, 20.
6. Скважинный сепаратор нефти. Патент РФ «2291291 от 10.01.2007.
7. С.Н. Мишин. «Автомобиль на топливных элементах: АТЭЛ-3»// ж. «За рулем», М., 2018, №3 с.13-19.

**Сведения об авторах**

*Гуторов Юрий Андреевич*, доктор технических наук, руководитель департамента анализа и НИР в области ТЭК, региональный координационный научно-технический центр «Нефтяная долина», академик РАЕН, г. Октябрьский, Республика Башкортостан, Российская Федерация  
E-mail: gutorov70@mail.ru

*Габдрахманова Клара Фаткуллиновна*, кандидат технических наук, доцент кафедры «Информационных технологий, математических и естественных наук», Октябрьский филиал УГНТУ, г. Октябрьский, Республика Башкортостан, Российская Федерация  
E-mail: klara47@mail.ru

*Измайлова Гульнара Ришадовна*, кандидат технических наук, доцент кафедры «Информационных технологий, математических и естественных наук», Октябрьский филиала УГНТУ, г. Октябрьский, Республика Башкортостан, Российская Федерация  
E-mail: klara47@mail.ru

*Ахмадиев Расим Нафлович*, кандидат технических наук, директор, ООО «Технопромсервис», г. Октябрьский, Республика Башкортостан, Российская Федерация  
E-mail: klimotechnika@mail.ru

*Габдрахимов Валерий Эдуардович*, магистр, РКНТИЦ «Нефтяная долина», г. Октябрьский, Республика Башкортостан, Российская Федерация  
E-mail: vity\_valera@mail.ru

**Authors**

*Gutorov U.A.*, Dr.Sc, Head of Research and Analysis in Fuel and Energy Complex, Regional R&D center Neftyanaya Dolina, member of RANS, Oktyabrsky, Republic of Bashkortostan, Russian Federation  
E-mail: gutorov70@mail.ru

*Gabdrakhmanova K.F.*, PhD, Assistant Professor in Information Technologies, Mathematics and Science, Ufa State Oil Technical University – Oktyabrsky Branch, Oktyabrsky, Republic of Bashkortostan, Russian Federation  
E-mail: klara47@mail.ru.

*Izmailova G.R.*, PhD, Assistant Professor in Information Technologies, Mathematics and Science, Ufa State Oil Technical University – Oktyabrsky Branch, Oktyabrsky, Republic of Bashkortostan, Russian Federation  
E-mail: klara47@mail.ru.

*Akhmadiev R.N.*, PhD, Director, ООО Tekhnopromservis, Oktyabrsky, Republic of Bashkortostan, Russian Federation  
E-mail: klimotechnika@mail.ru

*Gabdrakhimov V.E.*, Master, Regional R&D center Neftyanaya Dolina, Oktyabrsky, Republic of Bashkortostan, Russian Federation  
E-mail: vity\_valera@mail.ru

**Гуторов Юлий Андреевич**

**452600, Российская Федерация, Республика Башкортостан,**

**г.Октябрьский, ул. Северная, 21**

**тел. 8 927 342 46 39**

**E-mail: gutorov70@mail.ru**