

УДК 553.78

## СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ И ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ТЕПЛОЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ ВОД РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ (НА ПРИМЕРЕ ХАНКАЛЬСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ)

© А. М. Гареев<sup>1</sup>, А. М. Фархутдинов<sup>1\*</sup>, И. М. Фархутдинов<sup>1,2</sup>, С. В. Черкасов<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Башкирский государственный университет  
Россия, Республика Башкортостан, 450076 г. Уфа, ул. Заки Валиди, 32.

<sup>2</sup>Институт геологии Уфимского научного центра РАН  
Россия, Республика Башкортостан, 450000 г. Уфа, ул. К. Маркса, 16/1.

<sup>3</sup>Государственный геологический музей им. В. И. Вернадского РАН  
Россия, 125009 г. Москва, ул. Моховая, 11.

Тел./факс: +7 (937) 477 49 77.

\*Email: anvarfarh@mail.ru

*Статья посвящена вопросам использования геотермальных вод как альтернативного ресурса. Представлен общий обзор положения России по разработке данного вида возобновляемой энергии, перспективы и проблемы его использования. Рассматривается отдельно взятое Ханкальское месторождение теплоэнергетических вод Чеченской Республики.*

**Ключевые слова:** альтернативные источники энергии, геотермальные воды, Ханкальское месторождение.

Все известные не возобновляемые энергетические запасы Земли – это ограниченные ресурсы недр. По мнению независимых европейских энергетических агентств, их дефицит в нашей стране начнет ощущаться уже в 30–50 годах текущего столетия [1]. Существующие обстоятельства и тенденции развития энергетики позволяют предположить, что постепенно будет осуществляться переход к нетрадиционным источникам энергии. К примеру, согласно отчету ООН, в 2008 г. во всем мире было инвестировано \$140 млрд в проекты, связанные с альтернативной энергетикой, тогда как в производство угля и нефти было инвестировано \$110 млрд [2]. Геотермальная энергия всегда привлекала людей возможностью применения и она занимает немаловажное положение среди таких альтернативных видов ресурсов как солнечная, ветровая и гидроэнергия.

Главными достоинствами геотермальной энергии являются экологическая чистота, практическая неиссякаемость, полная независимость от условий окружающей среды, времени суток и года.

По российской классификации к теплоэнергетическим относятся подземные воды с температурой более 35 °С, которые при выводе на поверх-

ность могут быть экономически эффективно использованы как природный энергоноситель для отопления, горячего водоснабжения, для выработки электроэнергии и т.д. Они подразделяются на низкопотенциальные с температурой 35–70 °С, среднепотенциальные – 70–100 °С и высокопотенциальные с температурой более 100 °С.

Несмотря на то, что в Российской Федерации доля геотермальной энергетики в общем энергобалансе мала, ее развитие имеет достаточно давнюю историю.

В СССР геотермальные ресурсы по использованию разделялись на 5 главных типов:

- 1) в бальнеологии и санаторном лечении;
- 2) для извлечения химических элементов;
- 3) на отопление;
- 4) в агрокультуре;
- 5) для производства электричества.

Первоначальное развитие геотермия получила в двух регионах – Камчатке и Северном Кавказе. В первом случае воды использовались для производства электричества, а во втором – для получения тепловой энергии за счет использования термальной воды (табл. 1) [3]. В свою очередь, геотермальное теплоснабжение в СССР развивалось в

Таблица 1

Производство электричества и выработка тепла за счет теплоэнергетических вод (по В. Б. Сваловой)

<i>Установленная мощность геотермальных электростанций (ГеоЭС)</i>						
Страна	1990, МВт	1995, МВт	2000, МВт	2005, МВт	2010, МВт	2010, выработка электроэнергии, ГВт.ч/г.
Россия (Камчатка)	11	11	23	73	82	441
Всего в мире	5831.72	6833.38	7974.06	9058.10	10715	67246
<i>Прямое использование геотермальной энергии</i>						
Страна	1995, Мощность МВт	1995, Энергия ТДж/год	2010, Мощность МВт	2010, Энергия ТДж/год		
Россия	210	2422	308.2	1707		
Всего в мире	8604	112441	50583	438071		

основном по пути создания мелких объектов отопления, горячего водоснабжения и бальнеологии на базе геотермальных вод, полученных из нефтегазовых скважин.

В России в настоящее время насчитывается 66 месторождений теплоэнергетических вод (табл. 2) с оцениваемыми запасами воды и пара в  $88.5 \times 10^3$  м<sup>3</sup>/сут и  $302.4 \times 10^3$  м<sup>3</sup>/сут соответственно. Причем используются лишь 50 % из этих запасов для производства 1.5 млн. гигакалорий тепла (эквивалент 300 тыс. тонн условного топлива) [4].

Как можно видеть из представленной таблицы наибольшее число месторождений располагается на территории Чеченской Республики, далее следуют Краснодарский край, Республика Дагестан и Камчатка. Из вышеперечисленных регионов Камчатская область выделяется высокой температурой геотермальных вод, в то же время невысокая потребность в электроэнергии и отдаленность от потребителя существенно занижают перспективность разработки месторождений.

Следует отметить, что на Северном Кавказе (в Краснодарском крае, Чечне, Дагестане) тепло термальных вод для энергетических целей использовалось еще до Великой Отечественной войны. В настоящее время геотермальное водоснабжение обеспечивает теплом около 500 тыс. человек на Северном Кавказе, а в Краснодарском крае город Лабинск с населением 60 тыс. человек полностью отапливается за счет термальных вод.

По оценке годовой топливный эквивалент геотермальных источников по Кавказу и Предкавказью равен сжиганию 2 млн. тонн условного топлива [5].

Высокий темп восстановления экономики Чечни, близость к потребителю, наряду с завершающей стадией эксплуатации множества месторождений углеводородов и серией разведанных, но

неиспользуемых в промышленном масштабе месторождений теплоэнергетических вод повышают перспективность их разработки именно в данном регионе.

Геотермальные месторождения республики открыты в 60–80-е годы XX века (рис. 1), детальная разведка крупнейшего Ханкальского месторождения проведена в 70-е годы, когда были рассчитаны фильтрационные параметры пластов, оценены и утверждены запасы ( $9500$  м<sup>3</sup>/сут с забалансовыми  $7600$  м<sup>3</sup>/сут). Регулярные отборы воды на месторождении начаты лишь в 1974 г., когда полностью ввелось в эксплуатацию теплично-парниковое хозяйство.

Эксплуатацию термальных вод Ханкальского месторождения осуществляло Северо-Кавказское управление по использованию глубинного тепла Земли. Основными эксплуатационными объектами на Ханкальском термоводозаборе являлись IV–VII и XIII песчаные пласты карагана и XXII пласт чокрака среднего миоцена, мощность которых 43, 46 и 28 м, соответственно. В последующем добыча воды из XXII пласта была запрещена Госгортехнадзором с целью охраны серноводских источников от истощения.

Анализ разработки Ханкальского месторождения термальных вод показал невозможность прироста разведанных запасов, за счет расширения существующего термоводозабора без искусственного их восполнения. В связи с этим в 1981–1982 гг. произведена опытно-промышленная эксплуатация самого продуктивного XIII пласта карагана с обратной закачкой отработанных термальных вод для поддержания пластового давления, т.е. с использованием метода искусственного восполнения запасов. Результаты опытно-промышленной разработки XIII пласта с поддержанием пластового давления вы-

Таблица 2

Месторождения геотермальных вод Российской Федерации (по А. Б. Алхасову)

Субъект РФ	Кол-во месторождений	Температура, °С	Эксплуатационные запасы, тыс. м <sup>3</sup> /сут	Добыча, тыс. м <sup>3</sup> /сут	Объем замещаемого топлива, т.у.т./год
Республика Дагестан	12	40–104	86.2	10.4	71400
Чеченская республика	14	60–108	64.68	н/д	н/д
Краснодарский край	13	72–117	35.574	4.39	49400
Ставропольский край	4	55–119	12.2	1.0	2800
Республика Адыгея	3	70–91	8.98	2.1	13300
Карачаево-Черкесская Республика	1	50–75	6.8	0.4	2900
Кабардино-Балкарская Республика	2	56–67	5.3	0.05	н/д
Камчатская область	12	70–300	83.8(32.5*)	34.3	151900
Сахалинская область	2	85–320	8.2*	н/д	н/д
Чукотский авт. окр. и Магаданская обл.	3	60–87	3.5	н/д	н/д

\*Пароводяная смесь

явили принципиальную возможность использования данного метода для увеличения производительности Ханкальского термоводозабора с целью покрытия дефицита, а также удовлетворения перспективной потребности в тепле. В процессе этих работ проведен большой комплекс гидродинамических исследований, продолженных в 1982 г., результаты которых легли в основу расчетов по созданию подземной циркуляционной системы [6].



Рис. 1. Месторождения теплоэнергетических вод Чеченской Республики. Звездочкой на карте обозначены месторождения: 1 – Ханкальское месторождение; 2 – Гойтинское; 3 – Петропавловское; 4 – Герменчукское; 5 – Гунюшки; 6 – Новогрозненское; 7 – Гудермеское; 8 – Центральное Бурунное; 9 – Червленное; 10 – Комсомольское; 11 – Шелковское; 12 – Новошедринское; 13 – Каргалинское; 14 – Дубовское.

Обратная закачка отработанных термальных вод в эксплуатационные горизонты является весьма эффективным средством борьбы с загрязнением окружающей среды. В СССР это была первая геотермальная циркуляционная система (5 добывающих и 4 нагнетательных скважины).

С 1994 г. эксплуатация Ханкальского месторождения прекратилась. В настоящее время его воды используются местным населением кустарным способом и сливаются на поверхность.

В 2013 г. Грозненский государственный нефтяной технический университет им. М. Д. Миллионщикова в составе консорциума «Геотермальные ресурсы» начал проект по созданию экспериментальной станции на базе теплоэнергетических вод Ханкальского месторождения. Целевой ресурс – термальные воды XIII пласта, планируемая тепловая мощность станции – 8 МВт, которая будет использоваться для обогрева тепличного комплек-

са. Экспертизу проекта выполняет французская фирма «Бюро геолого-минералогических исследований» (BRGM). В качестве эксперта она выбрана не случайно: Франция имеет более чем 40-летний успешный опыт в использовании теплоэнергетических вод. С 1965 г. среднепотенциальные геотермальные воды (66–90 °С) стали активно разрабатываться в Парижском осадочном бассейне для получения тепловой энергии. Первоначально планировалось сливать полученную воду в р. Сену, но высокая минерализация (2–35 г/л) заставила отказаться от данного проекта. Созданная технология «дублетов» (нагнетательная и продуктивная скважины) позволила решить проблему, а также добиться устойчивости в дебитах и в периоде эксплуатации резервуара, избегая вреда экосистемам [7].

На Ханкальском месторождении планируется применение схожей технологии – бурение 2-х скважин с одной буровой площадки, продуктивной и нагнетательной (дублета) (рис. 2).

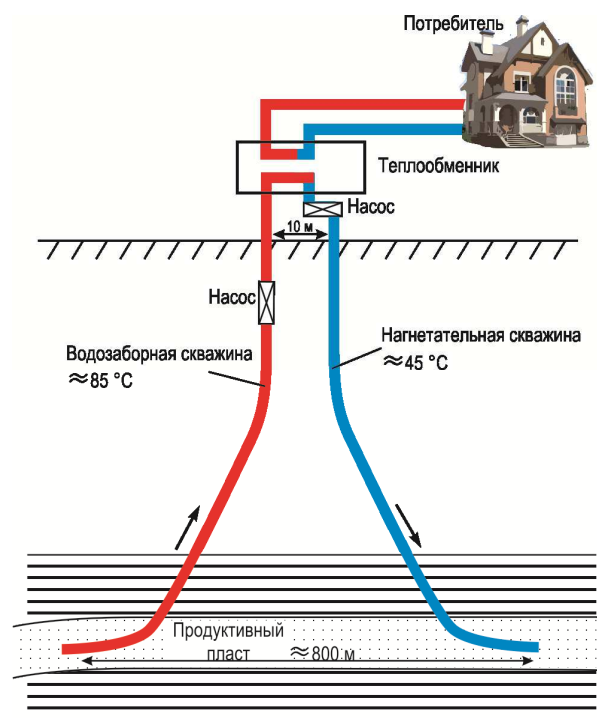
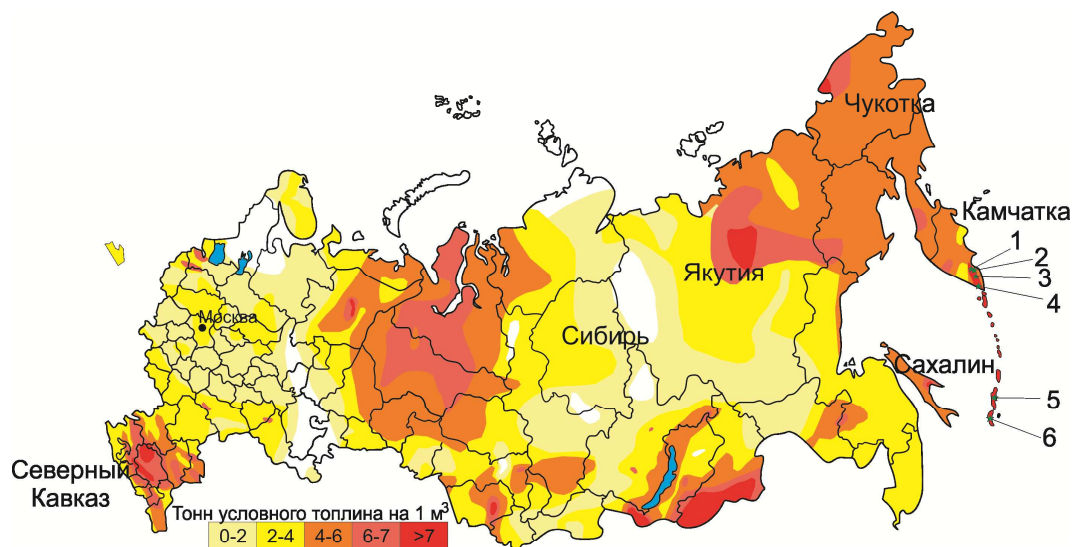


Рис. 2. Принципиальная схема дублета.

Успешная реализация данного проекта позволит дать экономическую оценку проектов по геотермии в России, в частности в северокавказском регионе. В Чечне имеется 13 других уже разведанных месторождений, воды которых не находят промышленного применения.

С точки зрения изучения вопроса о перспективе развития масштабов использования геотермальных ресурсов следует отметить то, что еще в 1983 г. сотрудниками ВСЕГИНГЕО составлен «Атлас ресурсов термальных вод СССР», включающий 17 карт и выделяющий наиболее перспективные районы (Предкавказье, Камчатка, Курилы, Западная Си-



Геотермальные электростанции:

- |                       |                   |
|-----------------------|-------------------|
| 1 - Мутновская        | 4 - Паужетская    |
| 2 - Верхне-Мутновская | 5 - Океанская     |
| 3 - Паратунская       | 6 - Менделеевская |

Рис. 3. Прогнозные ресурсы геотермальной энергии для теплоснабжения (по данным ассоциации «Геотермальное энергетическое общество»).

бирь). В настоящее время геотермальные исследования ведутся в более чем 60 научных учреждениях России. По оценкам экспертов практически везде имеются возможности для создания систем теплоснабжения с температурами 70 °С на входе и 20 °С на выходе, а примерно на 70 % территории России – с температурным режимом 90/40 °С (рис. 3) [4].

Месторождения высокотемпературных теплоэнергетических вод приурочены к геодинамически активным зонам и зонам молодой, кайнозойской складчатости. Это может быть объяснено с точки зрения «шарьяжно-надвиговой теории» башкирских ученых А. М. Камалетдинова, Т. Т. Казанцевой и Ю. В. Казанцева [8], подчеркивающей значение горизонтального движения тектонических пластин. Авторами наиболее полно рассмотрен пример термальных аномалий горы Янгантау Республики Башкортостан, с приведенной геодинамической моделью генерации тепла [9].

Таким образом, следует подчеркнуть то, что в Российской Федерации имеется большой потенциал для использования теплоэнергетических вод, благодаря значительному количеству разведанных и прогнозируемых запасов, развитию технологий по эксплуатации геотермальных вод и мировому опыту их использования. Теоретически только за счет геотермальной энергии можно было бы полностью удовлетворить энергетические потребности страны [10, 11]. Строительство электростанций и сетей отопления, использующих теплоэнергетические воды, является выгодным в виду экономических и экологических преимуществ.

Следует отметить, что в общественном сознании геотермальная энергетика связывается лишь с

областями активного вулканизма и не рассматривается как реальная альтернатива использованию углеводородов. В то же время, последние годы характеризуются резким увеличением объемов и расширением областей использования геотермальных ресурсов [12, 13]. По оценке экспертов, при достижении дебита 300 м³/час и температуре воды около 70 °С тепловая мощность станции составляет 15 мВт, что при полном использовании и сегодняшних ценах на отопление и горячую воду позволяет экономить около 70 млн. руб. в год. Таким образом, срок окупаемости станции составляет немногим более 5 лет. В целом же по России по оценке проф. О. А. Поварова потенциал геотермальных ресурсов равен 16900 ГВт·час в год или почти 2% от общего производства электроэнергии [14, 15].

В России нет специальной законодательной базы, регулирующей разработку геотермальных месторождений, также отсутствует государственная экономическая поддержка и четкая система страхований от геологических и других рисков. К примеру, во Франции в случае провала проекта по геотермии на начальной стадии, страховкой возмещается до 90 % (65 % из государственного и 25 % из регионального бюджета) стоимости бурения.

Решение данных проблем необходимо для дальнейшего развития использования геотермальной энергии в России. Создание систем тепло- и электроснабжения на основе геотермальных вод может обеспечить энергией многие регионы, а существующие современные технологии (ГеоЭС, тепловые насосы, теплообменники) позволяют получить максимальный эффект от геотермального теплоносителя различной температуры.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Гнатусь Н. А., Хуторской М. Д. Тепло «сухих» горных пород – неисчерпаемый возобновляемый источник энергии // Литология и полезные ископаемые, 2010. №6. С. 1–9.
2. Macalister T., Green energy overtakes fossil fuel investment, says UN. <http://www.theguardian.com/environment/2009/jun/03/renewables-energy>
3. Свалова В. Б. Комплексное использование гидротермальных ресурсов // Доклады VIII Международной конференции «Новые идеи в науках о Земле». М., 2007. №6. С. 384–386.
4. Алхасов А. Б. Возобновляемые источники энергии: учебное пособие. М.: МЭИ, 2011. 270 с.
5. Лабейш В. Г. Нетрадиционные и возобновляемые источники энергии. СПб.: СЗТУ, 2003. 79 с.
6. Фархутдинов А. М., Фархутдинов И. М., Исмагилов Р. А. История открытия и разработки Ханкальского месторождения теплоэнергетических вод // Вестник Башкирского университета, 2014. Т.19. №1. С. 93–96.
7. Lopez S., Hamm V., Le Brun M., Schaper L., Boissier F., Cotiche C. and Giuglaris E. 40 years of Dogger aquifer management in Ile-de-France, Paris Basin, France // Geothermics, 2010. (39). 339–356 p.
8. Камалетдинов М. А., Казанцева Т. Т., Ю. В. Казанцев, Д. В. Постников. Шарьяжно-надвиговая тектоника литосферы. М.: Наука, 1991. 254 с.
9. Нигматулин Р. И., Казанцева Т. Т., Камалетдинов М. А., Казанцев Ю.В., Бобохов А. С. Геология и генезис тепловых аномалий горы Янгантау // Уфа: АН РБ, 1998. 70 с.
10. Дегтярев К. С. Тепло Земли (ч.1) // Наука и жизнь, 2013. № 9. С. 27–31.
11. Дегтярев К. С. Тепло Земли (ч.II) // Наука и жизнь, 2013. № 10. С. 31–37.
12. Богуславский Э. И. Использование геотермальной энергии для целей теплоснабжения // Экологические системы: Электронный журнал энергосервисной компании, 2010. №3 (99). <http://esco-ecosys.parod.ru>
13. Богуславский Э. И. Состояние и проблемы развития мировой и отечественной геотермальной энергетики, Институт Геологии РАН / Доклад на Конференции по Физико-Химической Геотехнологии, Москва, МГТУ, 2013.
14. Поваров О. А., Лукашенко Ю. Л., Томаров Г. В., Циммерман С. Д. Геотермальные промышленность и технологии в России // Тяжелое машиностроение, 2001. № 1. С. 14–19.
15. Поваров О. А. Тепло Земли. Эффективное энергообеспечение удаленных районов и ЖКХ России // Возобновляемая энергия. Ежеквартальный информационный бюллетень, декабрь 2003. С. 2–3.

*Поступила в редакцию 31.07.2014 г.*

## CURRENT STATE AND PROSPECTS OF USE OF GEOTHERMAL WATERS IN RUSSIA (ON THE EXAMPLE OF THE KHANKALA DEPOSIT)

© A. M. Gareev<sup>1</sup>, A. M. Farkhutdinov<sup>1\*</sup>, I. M. Farkhutdinov<sup>1,2</sup>, S. V. Cherkasov<sup>3</sup>

<sup>1</sup>*Bashkir State University  
32 Frunze St., 450074 Ufa, Republic of Bashkortostan, Russia.*

<sup>2</sup>*Institute of Geology of Ufa Research Center of RAS  
16/1 Karl Marx St., 450000 Ufa, Republic of Bashkortostan, Russia.*

<sup>3</sup>*Vernadsky State Geological Museum  
11 Mohovaya St., 125009 Moscow, Russia.*

*Phone: +7 (937) 477 49 77.*

*\*Email: anvarfarh@mail.ru*

Article is devoted to the use of geothermal water as an alternative resource. It presents an overview of the current state and development of this type of renewable energy in Russia. This article gives an overview and highlights regions of Russia as the most developed in use of geothermal waters, highlights deposits of geothermal waters in Chechen Republic and Khankala deposit as the biggest and most promising. Technology of reinjection, which was applied during the exploitation of the Khankala deposit and problem connected with it, such as poor injectivity of wells, are discussed. The geological and hydrogeological aspects of the deposit are reflected in the article. Future plans for utilization of geothermal waters of this deposit are revealed. The problems of development of this alternative source of energy such as absence of laws regulating this field of activity is touched. Problem of absence of special insurance system for geological and other risks faced during exploitation of geothermal water deposit as usual is revealed. The example of France, where works on this alternative source is highly insured is given. Opinion on the prospects of geothermal energy development in Russia, especially if finishing a successful project in Chechnya, is given.

**Keywords:** *alternative energy, geothermal waters, the Khankala deposit.*

Published in Russian. Do not hesitate to contact us at [bulletin\\_bsu@mail.ru](mailto:bulletin_bsu@mail.ru) if you need translation of the article.

### REFERENCES

1. Gnatus' N. A., Khutorskoi M. D. *Litologiya i poleznye iskopaemye*, 2010. No. 6. Pp. 1–9.
2. Macalister T. [www.theguardian.com/environment/2009/jun/03/renewables-energy](http://www.theguardian.com/environment/2009/jun/03/renewables-energy)
3. Svalova V. B. *Doklady VIII Mezhdunarodnoi konferentsii «Novye idei v nauках o Zemle»*. M., 2007. No. 6. Pp. 384–386.
4. Alkhasov A. B. *Vozobnovlyаемые источники энергии: учебное пособие [Renewable Energy Sources: Textbook]*. Moscow: MEI, 2011.
5. Labeish V. G. *Netraditsionnye i vozobnovlyаемые источники энергии [Alternative and Renewable Energy Sources]*. Saint Petersburg: SZTU, 2003.
6. Farkhutdinov A. M., Farkhutdinov I. M., Ismagilov R. A. *Vestnik Bashkirskogo universiteta*, 2014. Vol. 19. No. 1. Pp. 93–96.
7. Lopez S., Hamm V., Le Brun M., Schaper L., Boissier F., Cotiche C. and Giuglaris E. *Geothermics*, 2010. (39). 339–
8. Kamaletdinov M. A., Kazantseva T. T., Yu. V. Kazantsev, D. V. Postnikov. *Shar'yazhno-nadvigovaya tektonika litosfery [Overthrust-Folding Tectonics of the Lithosphere]*. Moscow: Nauka, 1991.
9. Nigmatulin R. I., Kazantseva T. T., Kamaletdinov M. A., Kazantsev Yu. V., Bobokhov A. S. Ufa: AN RB, 1998.
10. Degtyarev K. S. *Teplo Zemli (ch.I) Nauka i zhizn'*, 2013. No. 9. Pp. 27–31.
11. Degtyarev K. S. *Teplo Zemli (ch.II) Nauka i zhizn'*, 2013. No. 10. Pp. 31–37.
12. Boguslavskii E. I. *Ekologicheskie sistemy: Elektronnyi zhurnal energoservisnoi kompanii*, 2010. No. 3 (99). <http://esco-ecosys.narod.ru>
13. Boguslavskii E. I. *Sostoyanie i problemy razvitiya mirovoi i otechestvennoi geotermal'noi energetiki*, Institut Geologii RAN / *Doklad na Konferentsii po Fiziko-Khimicheskoi Geotekhnologii*, Moskva, MGGU, 2013.
14. Povarov O. A., Lukashenko Yu. L., Tomarov G. V., Tsimmerman S. D. *Tyazheloe mashinostroenie*, 2001. No. 1. Pp. 14–19.
15. Povarov O. A. *Teplo Zemli. Effektivnoe energoobespechenie udalennykh raionov i ZhKKh Rossii Vozobnovlyаемaya energiya. Ezhekvar'tal'nyi informatsionnyi byulleten', dekabr' 2003*. Pp. 2–3.

*Received 31.07.2014.*