

УДК 620.9

Стоянов Николай Иванович, Воронин Александр Ильич,
Смирнова Анастасия Александровна

КОМПЛЕКСНОЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПЕТРОТЕРМАЛЬНОЙ ЭНЕРГИИ С ПОМОЩЬЮ ПАРОЭЖЕКТОРНЫХ ТЕПЛОВЫХ НАСОСОВ

В статье раскрываются технические возможности комплексного использования петротермальной энергии в системах тепло- и холодоснабжения и для выработки электрической энергии на турбине, работающей на низкопотенциальном теплоносителе, с помощью пароэжекторного теплового насоса.

Ключевые слова: петротермальная энергия, пароэжекторный тепловой насос, низкопотенциальное тепло, комплексное энергоснабжение.

**Stoyanov Nikolay I., Voronin Alexander I., Smirnova Anastasiya A.
COMPREHENSIVE USE OF PETROTHERMAL ENERGY
WITH STEAM-EJECTION HEAT PUMPS**

There is a view on the technical capacity of comprehensive use of petrothermal energy in cooling-heating systems as well as for producing power on a turbine functioning on a low-potential coolant using a steam-ejection heat pump.

Key words: petrothermal energy, steam-ejection heat pump, low-potential heat comprehensive power supply.

Энергообеспечение является одной из важнейших социально-экономических проблем современного мирового сообщества.

Мировой социально-экономический кризис привел к принципиальным изменениям в области разработки и освоения новых источников энергии. По-явившиеся затруднения в энергоснабжении большинства стран мира остро ставят вопрос о необходимости поиска и освоения новых видов энергоресурсов. Стремительный рост цен на природный газ, нефть, уголь и уран повысил их конкурентоспособность.

Анализ основных тенденций позволяет выделить следующие проблемы в развитии топливно-энергетического комплекса лидирующих стран мира:

- 1) увеличение диспропорции между темпами производства и потребления энергетических ресурсов;
- 2) отсутствие существенных изменений в структуре энергопотребления ведущих стран за счет развития угольной промышленности;
- 3) низкий уровень практической отдачи от реализации в ряде стран программ по экономии энергии;
- 4) ужесточение норм законодательства в области защиты окружающей среды;
- 5) рост цен на нефть, природный газ.

С учетом вышесказанного одним из основных направлений в развитии современной мировой энергетики является переход к рациональному сочетанию традиционных и возобновляемых источников энергии. К 2000 г. мировое энергопотребление составляло порядка 18 млрд т у. т., к 2025 г. оно может увеличиться до 30–38 млрд т у. т., а к 2050 г. – до 60 млрд т у. т. К этому времени мировая экономика будет стремиться к уверенному и планомерному снижению доли органического топлива за счет роста доли возобновляемых энергетических ресурсов.

На сегодняшний день топливно-энергетический комплекс Российской Федерации обеспечивает требуемый уровень развития отечественной энергетики и необходимый стране экспорт энергоресурсов. Поиск и освоение альтернативных источников энергии в нашей стране пока не является действительно острой проблемой. Однако это не может являться справедливым объяснением тех незначительных объемов работ, которые ведутся по освоению нетрадиционных возобновляемых источников энергии.

С целью создания условий для модернизации экономической обстановки и обеспечения социально-экономического развития регионов РФ группой российских ученых и специалистов разработан инновационный проект: «Развитие петротермальной энергетики России». Он основан на методике извлечения и способах утилизации тепла, аккумулированного в «сухих» горячих горных породах, с целью выработки постоянной, экономически доступной электроэнергии для эффективного энергоснабжения удаленных районов России [3].

Согласно предварительным подсчетам в Земле хранится гораздо больше теплоты, чем ее можно было бы получить, расщепив в ядерных реакторах все имеющиеся земные запасы урана и тория. Если человечество будет использовать только геотермальную энергию для повсеместного энергообеспечения, то пройдет более 40 млн лет, прежде чем температура глубинных недр Земли снизится на полградуса [2, 4].

Французские ученые Европейского центра синхротронного излучения в рамках эксперимента построили модель, которая имитирует процессы, протекающие в ядре Земли. Это позволило определить температуру центра планеты. Согласно проведенным исследованиям температура твердого железного ядра Земли составляет около 6 000 °С. Это почти на 1 000 °С выше по сравнению с более ранними оценками [8].

Таким образом, повсеместное вовлечение в хозяйственный оборот неисчерпаемых петротермальных ресурсов наряду с конкурентоспособными традиционными невозобновляемыми органическими и атомными видами топлива целесообразно и необходимо.

Накопленный опыт по использованию петротермальной энергии показывает, что в большинстве случаев это оказывается в 2–5 раз выгоднее утилизации органического топлива в энергетических установках.

Таким образом, тепло нашей планеты представляет собой единственный в своем роде колоссальный, неисчерпаемый энергетический ресурс, который при рациональном освоении и использовании позволит значительно снизить себестоимость единицы энергии в сравнении с традиционной топливной энергетикой.

Практический интерес вызывает та часть общего потенциала тепловой энергии Земли, которая отвечает современным техническим возможностям проникновения в недра планеты. В настоящее время доступные с технической точки зрения петротермальные энергоресурсы резонно ограничить общим теплосодержанием верхних 10–12 км земной коры в пределах суши. Их общий тепловой потенциал эквивалентен 1702 трлн т у. т. Подсчитанные прогнозные, технически доступные ресурсы геотермальной энергии для нужд теплоснабжения (режим 70/2 °С) составили 56,9 трлн т у. т., в том числе для нужд отопления – 30,5 трлн т у. т. Энергетический потенциал технически доступного, экономически целесообразного и экологически чистого альтернативного источника энергии для нужд теплоснабжения составляет 44,6 трлн т у. т., в том числе для отопления – 16,4 трлн т у. т. Однако приведенный выше режим работы потребителей петрогеотермальной энергии существенно недоучитывает то, что при глубинах до 10 км может быть получен пар, потенциала которого достаточно для эффективного преобразования теплоты в электрическую энергию, а температурный режим для систем отопления может быть снижен до 20 °С за счет применения тепловых насосов [1, 5].

В статье [6] были рассмотрены преимущества и перспективы комплексного использования петротермальной энергии для систем тепло- и холодоснабжения и для выработки электроэнергии посредством турбины, работающей на низкопотенциальном теплоносителе. Основной целью является

получение экономически доступной единицы энергии для эффективного энергообеспечения удаленных и обособленных объектов.

Скважина предназначена для круглогодичного пользования. В холодный период тепло расходуется на производственные и коммунально-бытовые нужды (отопление, вентиляцию и горячее водоснабжение), в теплый период – на производственные и коммунально-бытовые нужды (горячее водоснабжение) и холодоснабжение. С целью более гибкого и рационального режима использования теплоты скважины также осуществляется и выработка электроэнергии. На кафедре теплогазоснабжения и экспертизы недвижимости ФГАОУ ВПО «Северо-Кавказский федеральный университет» (СКФУ) в рамках проведения научно-исследовательской работы аспирантов и студентов в области использования возобновляемых источников энергии была разработана принципиальная схема утилизации тепла земных недр для тепло- и холодоснабжения и выработки энергии посредством парозежкторного теплового насоса для энергоснабжения удаленных и обособленных объектов, представленная на рисунке.

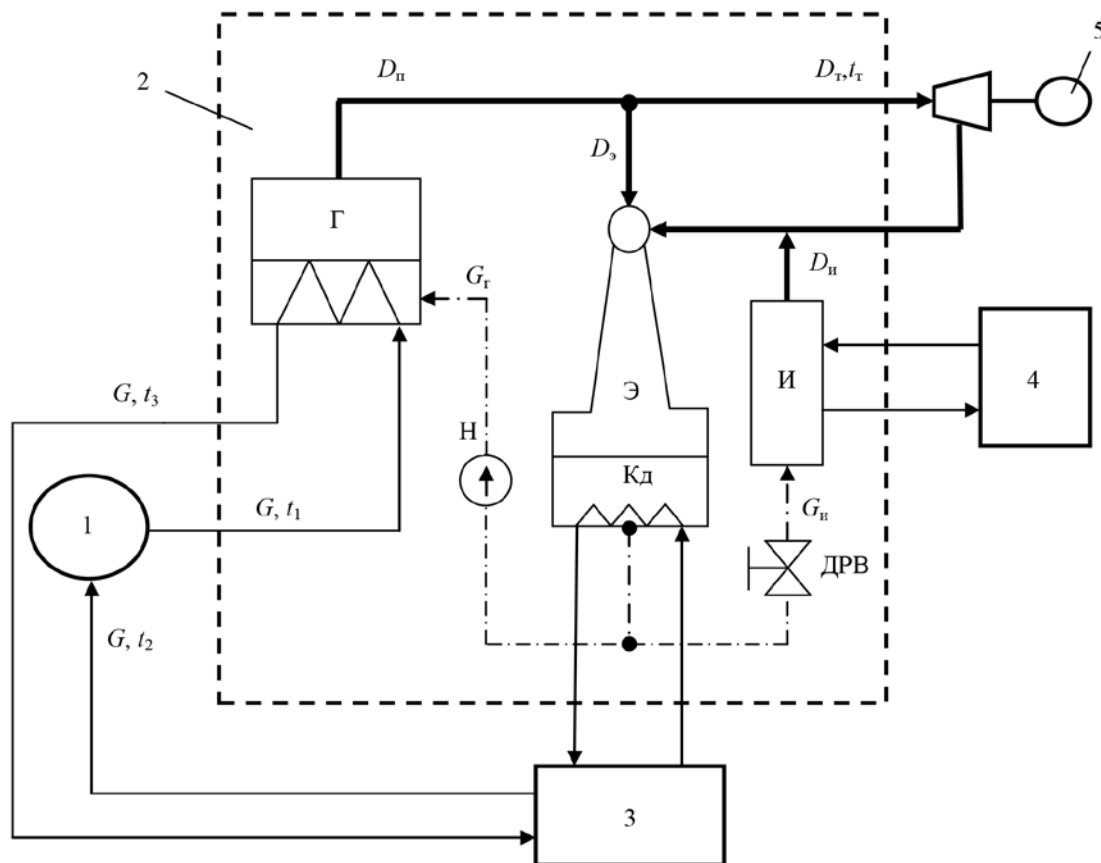


Рис. Способ комплексного использования геотермального тепла с помощью парозежкторного теплового насоса: 1 – геотермальная скважина; 2 – тепловой насос, включающий: Г – генератор с нагревом горячей водой (паром), И – испаритель, Кд – конденсатор, Э – паровой эжектор, ДРВ – дроссельно-регулирующий вентиль, Н – насос для перекачивания конденсата; 3 – потребитель тепла; 4 – потребитель холода; 5 – паровая турбина на низкокипящем теплоносителе (хладагенте) с электрогенератором.

— вода
 — пары хладагента
 — жидкий хладагент

По условию работы парожекторных тепловых насосов на низкокипящем хладагенте (например, фреоне 22) вода (пар) расходом G с температурой не менее $t_1 = 80^\circ\text{C}$ подается в генератор Г, где остывает до температуры $t_3 = 70^\circ\text{C}$. Полученное тепло способствует испарению низкокипящего теплоносителя в генераторе Г.

Скважинная вода (конденсат) после генератора парожекторного теплового насоса при температуре $t_3 = 70^\circ\text{C}$ используется с целью нагрева теплоносителя, подаваемого потребителю тепла 3, после чего возвращается обратно в скважину 1 при температуре $t_2 = 30^\circ\text{C}$.

Тем временем пары хладагента расходом D_p направляются в пароструйный эжектор Э и на турбину 5:

$$D_p = D_o + D_t,$$

где D_o – расход паров хладагента через эжектор, D_t – расход паров хладагента через турбину.

Отсасываемые пароструйным эжектором Э пары хладагента от турбины 5 направляются в конденсатор К_д, где, конденсируясь при температуре порядка 25°C , отдают тепло потребителю 3. Отработанный конденсат G_k насосом Н направляется в генератор Г.

В теплый период поток жидкого низкокипящего теплоносителя после конденсатора К_д разделяется на две части:

- 1) хладагент расходом G_k насосом Н перекачивается в генератор Г;
- 2) хладагент расходом G_i дросселируется в регулирующем вентиле ДРВ и направляется в испаритель И, где происходит его охлаждение до температуры порядка 5°C за счет отбора тепла от потребителя холода 4, после чего отработанный пар D_i отсасывается паровым эжектором Э в конденсатор К_д.

При отсутствии или сокращении нагрузки на системы тепло- и холодо-снабжения осуществляется выработка электрической энергии электрогенератором паровой турбины на низкокипящем теплоносителе (хладагенте) D_t .

Пары хладагента (низкокипящего теплоносителя) D_t при температуре $t_t = 75\text{--}80^\circ\text{C}$ и давлении порядка 3 МПа направляются на паровую турбину 5 для выработки электрической энергии, а отработанный пар отсасывается паровым эжектором Э в теплообменник К_д и конденсируется при давлении порядка 0,9 МПа. При этом испаритель И отключается, или уменьшается его производительность.

Основными преимуществами описанного выше способа комплексного использования геотермального тепла с помощью парожекторного теплового насоса являются:

- увеличение теплоотдачи скважины за счет снижения температуры обратной воды, закачиваемой в скважину, t_2 ;
- сокращение затрат на электроэнергию вследствие использования теплоты скважины в парожекторном тепловом насосе для выработки электроэнергии [7];
- в 1987–1988 гг. НПО «Недра» пробурена Тырныаузская скважина на Северном Кавказе глубиной 4001 м. На отметке 4 км пластовые температуры достигали уровня $220\text{--}223^\circ\text{C}$, а при глубинах до 10–12 км можно достичь температур более 400°C , что приведет к существенному увеличению эффективности работы установки.

Литература

1. Алхазов А. Б., Рамазанов М. М., Абасов Г. М. Теплообмен между вертикальной скважиной и водоносным горизонтом с учетом естественной конвекции // II Международная конференция «Возобновляемая энергетика: Проблемы и перспективы». Махачкала, 2010.
2. Богуславский Э. И. и др. Ресурсы геотермальной энергетики территории России и сопредельных государств // Международная научно-техническая конференция «Современные проблемы нетрадиционной энергетики» / отв. за выпуск В. В. Елистратов. СПб., 1994. С. 185.
3. Гнатусь Н. А. Петротермальная энергетика России. Основные тенденции в использовании невозобновляемых природных энергетических ресурсов // Технологии мира. 2012. № 7(45).

4. Калинин Ю. Я., Дубинин А. Б. Нетрадиционные способы получения энергии. Саратов: СПИ, 1983. 70 с.
5. Минерально-сырьевая база топливно-энергетического комплекса России. Состояние и прогноз / гл. ред.: В. З. Гарипов, Е. А. Козловский. М., 2004. 548 с.
6. Стоянов Н. И., Воронин А. И., Гейбатов Р. А. Комплексное использование петротермальной энергии с помощью абсорбционных тепловых насосов // Вестник СКФУ. 2013. № 4 (37). С. 47–51.
7. Стоянов Н. И., Гейвандов И. А., Воронин А. И. и др. Технология извлечения и использования геотермальной энергии для систем тепло-холодоснабжения // Отчет о научно-исследовательской работе по государственному контракту от 22 июня 2007 г. № 02.516.11.6059 Депонир. во ВНИЦ № ГР 01910021861. Инв. № 02910028347, 2008.
8. Европейский центр синхротронного излучения (ESRF): [Электронный ресурс]. URL: <http://www.esrf.eu>. (Дата обращения: 01.05.2014).

УДК 637.03 : 637.07

**Храмцов Андрей Георгиевич, Евдокимов Иван Алексеевич,
Рябцева Светлана Андреевна, Шипулин Валентин Иванович,
Лодыгин Алексей Дмитриевич**

ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ПЛАТФОРМА МОДЕРНИЗАЦИИ ПИЩЕВОЙ ИНДУСТРИИ АПК РОССИИ В УСЛОВИЯХ РЕАЛЬНОГО БИОЦЕНОЗА, РЫНКА И WTO

В статье рассмотрен вклад научной школы «Живые системы» в модернизацию пищевой промышленности Российской Федерации. Представлены инновационные разработки в области переработки пищевого сырья животного происхождения. Сформулирована парадигма формирования технологической платформы переработки сельскохозяйственного сырья животного происхождения.

Ключевые слова: пищевая индустрия, модернизация, кондиционирование сырья, нанобиомембранные технологии, технологическая платформа.

**Khramtsov Andrei Georgievich, Yevdokimov Ivan Alekseevich,
Ryabtseva Svetlana Andreevna, Shipulin Valentin Ivanovich,
Lodygin Aleksei Dmitrievich**

TECHNOLOGICAL PLATFORM FOR MODERNIZING FOOD INDUSTRY UN RUSSIAN AGROINDUSTRIAL COMPLEX UNDER REAL BIOCENOSE, MARKET, AND WTO

The article offers a view on the contribution that the scientific school Life Sciences has made in the modernization of the food industry in the Russian Federation. It also presents innovative developments in the field of processing raw food stuff of animal origin. There is a formulation of a paradigm for developing a technology platform for processing agricultural raw material of animal origin.

Key words: food industry, modernization, raw stuff conditioning, nanobiomembrane technology, technology platform.

Портфель инноваций творческого коллектива официально признанной ведущей научной школы РФ 7510.2010.4 «Живые Системы» ИЖС СКФУ (ранее СтПИ и СевКавГТУ) по научному, кадровому и информационному обеспечению развития пищевой индустрии Ставрополя, СКФО (ранее ЮФО) и Российской Федерации в достаточной мере освещен в многочисленных открытых публикациях, в том числе специальном выпуске журнала «Пищевая промышленность» [1] и научных трудах [2]. Результаты исследований творческого коллектива (12 докторов и 50 кандидатов наук, 600 студентов – бакалавры и магистры, 50 аспирантов и докторантов) содержатся в более чем 100 диссер-