

УДК 620.9

А.А.РЕДЬКО, канд. техн. наук,  
Харьковский государственный технический университет строительства и архитектуры

## ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ГЕОТЕРМАЛЬНОЙ ЭНЕРГИИ ЗА РУБЕЖОМ И В УКРАИНЕ

Анализируются опубликованные данные по использованию возобновляемых источников энергии за рубежом и перспективы их использования в Украине применительно к геотермальному теплоснабжению.

С увеличением стоимости органического топлива, альтернативные источники энергии, такие как получение тепла и электрической энергии из геотермальных источников, ветра, солнца, биомассы, приливов, гидроэлектрических источников, все больше привлекает разработчиков систем альтернативного тепло- и энергообеспечения.

По данным [1-3], производство электроэнергии из возобновляемых источников в США, Германии, Китае достигает 11,3-15,6%. В [1] приводятся данные Международного агентства по вопросам энергии (IEA) (табл.1), в которых указывается, что мировое производство энергии в 2004 г. распределилось следующим образом:

Таблица 1 – Мировое производство энергии

| Топливо                  | %    | млн. т у. т. |
|--------------------------|------|--------------|
| Нефть                    | 34,3 | 3,793        |
| Уголь                    | 25,1 | 2,776        |
| Природный газ            | 20,9 | 2,311        |
| Ядерная энергия          | 6,5  | 719          |
| Невозобновляемые отходы  | 0,2  | 22           |
| Возобновляемые источники | 13,1 | 1,448        |

Твердая биомасса, древесный уголь, жидкая биомасса, бытовые городские отходы и биогаз (табл.2) составляют 79,4% от общего, как указывается в [2-3].

Таблица 2 – Объем сырья для альтернативных источников

| Возобновляемые источники       | %    | млн. т у. т. |
|--------------------------------|------|--------------|
| Биомасса                       | 79,4 | 1,150        |
| Гидроэнергия                   | 16,7 | 242          |
| Геотермальная энергия          | 3,2  | 46,3         |
| Ветровая энергия               | 0,5  | 7,24         |
| Энергия солнца/приливов/океана | 0,3  | 4,34         |

Если анализировать данные [3], рассматривая только производство электроэнергии (табл.3), тогда соотношения между различными источниками другие. В рамках доли возобновляемых источников

(17,9%), около 16,1% электроэнергии производится из гидроисточников, 1% – из биомассы и 0,8 % – из геотермальных источников, ветра, солнца, приливов мирового океана (1/3 из которых – геотермальные источники).

Таблица 3 – Производство электроэнергии из различных источников

| Топливо                  | %    | млн. т у.т. |
|--------------------------|------|-------------|
| Уголь                    | 39,8 | 705         |
| Газ                      | 19,6 | 347         |
| Ядерная энергия          | 15,7 | 278         |
| Нефть                    | 6,7  | 119         |
| Невозобновляемые отходы  | 0,3  | 5,31        |
| Возобновляемые источники | 17,9 | 317         |

По данным OECD (Организация Экономического Сотрудничества и Развития, включающая такие страны как: США, Канада, Австралия, Новая Зеландия, Турция, Япония, Корея, Мексика, большую часть Западной Европы, Чешская Республика, Словакия, Венгрия) [2, 3], производство электроэнергии из возобновляемых источников (табл.4) обеспечивается следующими источниками:

Таблица 4 – Производство электроэнергии из возобновляемых источников

| Топливо                        | Производительность (МВт) | Электроэнергия (ГВт·ч/год) |
|--------------------------------|--------------------------|----------------------------|
| Гидроэнергия                   | 428,000                  | 1,343,000                  |
| Биомасса                       | 30,000                   | 196,000                    |
| Ветровая энергия               | 43,000                   | 77,000                     |
| Геотермальная энергия          | 5,900                    | 35,000                     |
| Солнечная энергия              | 3,000                    | 1,400                      |
| Энергия приливов (волн) океана | 300                      | 600                        |
| Всего                          | 510,000                  | 1,650,000                  |

Наиболее интенсивно развивается производство энергии из возобновляемых источников в Германии и Китае (11,3 и 15,6% соответственно). В Китае в 2007 г. планировалось произвести энергии: из солнца – 80, из ветра – 2600, из биомассы – 2601 МВт.

Начиная с 1990г., альтернативные источники энергии выросли в среднем на 1,9%. Использование ветровой энергии имеет самую высокую динамику роста в 24,4%. Второй по величине показатель роста у нетвердых биомасс и отходов, таких как перерабатываемые городские отходы, биогаз и жидкая биомасса, в среднем 8,1% ежегодно с 1990 г. Твердая биомасса – на 1,6% ежегодно. Большое количество твердой биомассы (87,4%) производится и потребляется в регионах, которые не входят в OECD (Южная Азия и Африка (регион Сахары)) – эти страны

используют некоммерческую биомассу для приготовления пищи и обогрева (IEA, 2006). Более интенсивный рост показателей производства гидроэнергии происходит в регионах, не входящих в OECD, где он составляет 3,3% ежегодно, тогда как в странах OECD – 0,6% ежегодно.

Выработка электричества из возобновляемых источников растет в среднем на 2,1% ежегодно, а из традиционных источников на 2,8%. Общее количество из возобновляемых источников составляло 19,7% от глобального объема производства электрической энергии в 1990 г., но снизилось до 17,9% в 2004 г. Это связано с медленным ростом возобновляемых источников, особенно гидроэнергии в странах OECD.

По данным Мирового Конгресса по геотермальной энергии 2005 г. (WGC 2005), рост производства геотермальной энергии (MWe) для прямого использования с 1995 г. увеличился вдвое (6,6% прирост ежегодно – без тепловых насосов) и в 1,3 раза для производства электроэнергии (2,7% прирост ежегодно). Насосы с грунтовыми теплообменниками стали лидером, с ростом установленной мощности на 23,6% ежегодно, главным образом в странах Северной Америки и Европы.

Прогнозы на будущее отмечают основной рост выработки ветрового и солнечного электричества, и более медленный рост у источников геотермальных, гидроэлектрических и биомассы. Источники волн мирового океана только начинают развиваться и трудно предсказать их рост. К 2010 г. ожидаемая производительность электровыработки для ветра составит 74, солнца – 20 и геотермальных источников – 11 ГВт.

Развитие гидроэлектроэнергетики будет происходить главным образом в странах не входящих в OECD, таких как Китай, Индия, Латинская Америка и рост производства электроэнергии из биомассы будет стабильный, особенно в странах OECD. К 2004 г. 48 стран приняли политику, направленную на поддержку развития возобновляемых источников, среди которых 14 – развивающиеся страны. Эта политика включает в себя: 1) стимулирующие тарифы; 2) создание нормативной базы для возобновляемых источников; 3) прямые инвестиции капитала или гранты; 4) побудительная система налогов.

Вполне вероятно, что Европа будет лидером в развитии возобновляемой энергии благодаря мерам, принятым членами Европейского Союза.

Необходимо отметить, что каждый из источников возобновляемой энергии имеет определенные ограничения. Некоторые лучше подходят для производства электроэнергии, а другие для теплофикации. Например, такие как солнечные панели и ветряные машины легко ус-

тановить за короткое время, в то время как гидро и геотермальные комплексы требуют больше времени, особенно при крупных проектах.

Производство солнечной энергии зависит от наличия дневного солнечного света и аккумуляции ее ночью; ветровая энергия зависит от скорости ветра и также зависит от аккумуляции; гидроэнергия – зависит от засух, как это было недавно в восточной Африке и Новой Зеландии и ограниченных территорий, особенно в странах OECD; энергия из биомассы зависит от поставок топлива и может поспособствовать развитию тепличного эффекта; энергия приливов мирового океана ограничена теми областями, где достаточные изменения направления волн и где это не мешает навигации. Таким образом, все источники возобновляемой энергии имеют ограничения. Только геотермальные тепловые насосы имеют всемирное применение и для обогрева, и для охлаждения.

Общий потенциал геотермальных ресурсов в Украине оценивается величиной, эквивалентной запасам в объеме  $50 \cdot 10^6$  т у. т. [4, 5].

Наиболее распространены и экономически целесообразны в настоящий момент геотермальные воды. В табл.5 приведен прогнозный энергетический потенциал технического использования источников геотермальной энергии в Украине.

Таблица 5 – Потенциал геотермальной энергии в Украине

| № п/п        | Область      | Тепловой потенциал термальных вод, МВт | Экономически целесообразный потенциал |                                |
|--------------|--------------|--|---------------------------------------|--------------------------------|
|              |              |  | кВт/ч в год ( $\times 10^9$ )         | т у.т. в год ( $\times 10^6$ ) |
| 1            | Закарпатская | 490                                    | 0,97                                  | 0,33                           |
| 2            | Николаевская | 2820                                   | 4,07                                  | 1,22                           |
| 3            | Одесская     | 2350                                   | 3,03                                  | 1,03                           |
| 4            | Полтавская   | 9,2                                    | 0,018                                 | 0,006                          |
| 5            | Сумская      | 15,8                                   | 0,035                                 | 0,012                          |
| 6            | Харьковская  | 1,3                                    | 0,003                                 | 0,001                          |
| 7            | Херсонская   | 4230                                   | 5,5                                   | 1,87                           |
| 8            | Черниговская | 58,3                                   | 0,12                                  | 0,04                           |
| 9            | АР Крым      | 37600                                  | 48,5                                  | 16,5                           |
| <b>Всего</b> |              | <b>47574,6</b>                         | <b>61,8</b>                           | <b>21</b>                      |

Дальнейшее развитие геотермальной энергетики в Украине связано с первоочередным развитием наиболее подготовленных к практической реализации технологий геотермального теплоснабжения населенных пунктов и сельскохозяйственных объектов, частичной переориентацией научно-технической базы действующих геологоразведочных и нефтедобывающих организаций, загрузка которых снижена в результате истощения в Украине запасов нефти и газа. Одним из перспектив-

ных направлений развития геотермальной энергетики определено создание комбинированных энерготехнологических узлов для получения электроэнергии, теплоты и ценных компонентов, содержащихся в геотермальных теплоносителях.

Температура почвы и горных пород около поверхности Земли определяется балансом тепловой энергии, поступающей от Солнца, и тепловым излучением земной поверхности. Тепловая энергия от Солнца аккумулируется в слое почвы осадочных и горных пород на глубинах до изотермической поверхности. Слой почвы между глубиной промерзания и изотермической поверхностью может рассматриваться как естественный сезонный аккумулятор тепловой энергии, причем энергия, отведенная в зимний период, будет возобновляться в теплое время года. Это касается и грунтовых вод, насыщающих данный слой почвы и осадочных пород.

Тепловая энергия почвы и грунтовых вод может использоваться для обогрева и вентиляции помещений. Отбор тепловой энергии из почвы возможен с помощью грунтовых теплообменников разных типов. Температура теплоносителя в грунтовом теплообменнике составляет от минус 5-7 до плюс 10-12 °С. Она пригодна для производства с помощью тепловых насосов теплоносителя с температурой 40-70 °С. Опыт ведущих стран свидетельствует, что энергию почвы чаще всего используют в теплонасосных установках мощностью до 70-100 кВт, обслуживающих небольшие дома, главным образом, усадебного типа. В условиях Украины это могут быть строения в городах и селах.

В Украине эксплуатируется 9,3 млн. усадебных домов общей площадью 515,8 млн. м<sup>2</sup> [4]. Для их теплоснабжения можно применять грунтовые теплообменники с теоретическим запасом тепловой энергии до 525,8 млн. МВт/ч в год. Это одновременно и теоретический ресурс тепловой энергии почвы и грунтовых вод, значительно превышающий потребности в энергии для отопления приусадебных домов. В 1999 г. населению Украины было продано котельно-печного топлива в объеме, эквивалентном 26,872 млн. т у. т. – в виде природного газа, кокса, угля, торфа, угольных и торфяных брикетов, жидкого печного топлива, дров. Из отмеченного количества топлива около 24,18 млн. т у. т. ушло на отопление и горячее водоснабжение, причем, было выработано тепловой энергии в объеме до 157,528 млн. МВт/ч (табл.6).

Для получения такого количества тепловой энергии, возможно, было бы использовать 112,52 млн. МВт/ч низкопотенциальной тепловой энергии, которая принимается за оценку технически доступного объема использования тепловой энергии почвы и грунтовых вод для теплоснабжения приусадебных домов.

Таблица 6 – Энергетический потенциал теплоты почвы и грунтовых вод

| № п/п        | Область           | Энергетический потенциал низкопотенциальной теплоты почвы и грунтовых вод, тыс. МВт/ч в год |               |                             |
|--------------|-------------------|---|---------------|-----------------------------|
|              |                   | общий   | технический   | экономически целесообразный |
| 1            | Винницкая         | 4731  | 3379          | 513                         |
| 2            | Волынская         | 3321  | 2372          | 290                         |
| 3            | Днепропетровская  | 15438   | 11027         | 424                         |
| 4            | Донецкая          | 15422   | 11015         | 2656                        |
| 5            | Житомирская       | 3374  | 2410          | 428                         |
| 6            | Закарпатская      | 5093  | 3638          | 79                          |
| 7            | Запорожская       | 3833  | 2738          | 355                         |
| 8            | Ивано-Франковская | 5532  | 3951          | 51                          |
| 9            | Киевская          | 12966   | 9262          | 192                         |
| 10           | Кировоградская    | 3720  | 2657          | 833                         |
| 11           | Луганская         | 10571   | 7551          | 1958                        |
| 12           | Львовская         | 11941   | 8529          | 203                         |
| 13           | Николаевская      | 3441  | 2458          | 117                         |
| 14           | Одесская          | 4015  | 2868          | 195                         |
| 15           | Полтавская        | 9163  | 6545          | 162                         |
| 16           | Ровенская         | 3106  | 2219          | 225                         |
| 17           | Сумская           | 4492  | 3208          | 239                         |
| 18           | Тернопольская     | 3819  | 2728          | 194                         |
| 19           | Харьковская       | 12125   | 8661          | 153                         |
| 20           | Херсонская        | 2597  | 1855          | 172                         |
| 21           | Хмельницкая       | 4438  | 3170          | 171                         |
| 22           | Черкасская        | 4286  | 3061          | 476                         |
| 23           | Черниговская      | 3930  | 2807          | 149                         |
| 24           | Черновицкая       | 2149  | 1535          | 123                         |
| 25           | АР Крым           | 4027  | 2877          | 206                         |
| <b>Всего</b> |                   | <b>157530</b>   | <b>112521</b> | <b>10564</b>                |

Оценки ресурсов низкопотенциальной тепловой энергии почвы и грунтовых вод определены на основе статистических данных о жилищном фонде и потреблении котельно-печного топлива. Их можно использовать в качестве прогноза на ближайшие годы.

Таким образом, анализ литературных источников указывает на перспективность развития геотермального теплоснабжения в Украине, на создание комбинированных энергоустановок с использованием тепловых насосов, когенерационных установок, обеспечивающих более эффективное использование геотермальной энергии.

1.Lund J.W. Geothermal energy use compared to other renewables. – GHC Bulletin. – January 2008. – pp. 8-12.

2. IEA, 2006 «Renewables Information 2006 – IEA Statistics» - International Energy Agency. Paris. P. 247.

3. Lund J. W., Freeston D. H., Boyd T. L., 2005. «World wide Direct – Uses of Geothermal Energy 2005». – Geothermics, vol. 34. №6 (Dec.), Elsevier, Amsterdam. – pp. 691-727.

4. Безграничний ресурс: український потенціал возобновляемых энергетических ресурсов // Топливно-Энергетический Комплекс. – 2007. – № 8. – С.40-46.

5. Разанов А.Т. Теплофізичні процеси при формуванні та використанні геотермальних ресурсів: Автореф. дис. ... д-ра техн. наук. – К., 2007. – 40 с.

*Получено 08.02.2008*

УДК 628.8

**Н.В.ЛАСТОВЕЦ**

*Харьковская национальная академия городского хозяйства*

### **ПРИМЕНЕНИЕ КОМПЬЮТЕРНЫХ ПРОГРАММ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОЙ ГИДРОДИНАМИКИ ДЛЯ АНАЛИЗА ПРОЦЕССОВ ВЕНТИЛЯЦИИ И КОНДИЦИОНИРОВАНИЯ ВОЗДУХА**

Рассматриваются возможности применения специальных программных средств для получения скоростных и температурных полей в кондиционируемом помещении. В качестве примера представляется модель тепло- и воздухораспределения в жилом или небольшом офисном помещении, отапливаемом центрально-местной системой кондиционирования с вентиляторными доводчиками (фанкойлами).

Несмотря на характерное для последних лет исключительно быстрое развитие вычислительной техники и методов численного моделирования самых различных физических процессов и явлений, применение этих методов при решении прикладных задач, связанных с проектированием разного рода технических систем и оптимизацией технологических процессов, все еще остается весьма ограниченным. Это объясняется целым рядом объективных и субъективных причин, к числу которых следует прежде всего отнести вычислительную трудоемкость практических задач, связанную с геометрической сложностью и многообразием физических процессов, определяющих эффективность работы реальных систем, а также трудность освоения современных методов численного моделирования широким кругом инженеров-проектировщиков. В результате в проектно-конструкторской практике сегодня по-прежнему преобладают традиционные “инженерные” методы расчета, использование которых зачастую предписывается соответствующими отраслевыми нормативами. Однако хорошо известно, что применимость таких методов ограничена простейшими типовыми объектами, для которых накоплен достаточно большой объем экспериментальных данных, необходимых для подбора эмпирических констант и функций, входящих в соответствующие расчетные методики.