

СИСТЕМНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ТА КОМПЛЕКСНІ ПРОБЛЕМИ ЕНЕРГЕТИКИ

ISSN 2522-4344 (Online), ISSN 1562-8965 (Print). The problems of general energy, 2018, 4(55): 17–24
doi: <https://doi.org/10.15407/pge2018.04.017>

УДК 620.9; 621.311.

Ю.А. ШУРЧКОВА, д-р техн. наук, проф.
Інститут загальної енергетики НАН України,
ул. Антоновича, 172, г. Київ, 03150, Україна

МИРОВЫЕ ТЕНДЕНЦИИ В РАЗВИТИИ ГЕОТЕРМАЛЬНОЙ ЭНЕРГЕТИКИ ЧАСТЬ 1. ГЕОТЕРМАЛЬНЫЕ РЕСУРСЫ ПО РЕГИОНАМ МИРА

Представлен обзор материалов об использовании геотермальных ресурсов по регионам мира. Показана зависимость эффективности использования геотермальных ресурсов от геофизических и географических параметров каждого региона. Приведены данные, в каких странах геотермальная энергетика развивается наиболее успешно и для каких целей применяется. Подчеркивается, что в мировых масштабах геотермальная энергетика используется крайне мало.

Ключові слова: енергетика, геотермальна, ресурс, континент, теплота, електроенергія, мир.

Экологические проблемы, угроза истощения запасов ископаемых видов топлива, стремление стран как высокоразвитых, так и развивающихся к энергетической независимости заставляют все большее внимание уделять нетрадиционным источникам энергии. Одним из таких источников является геотермальная энергия, потенциал которой практически неисчерпаем. Однако ресурсы ее на технически доступных глубинах экономически целесообразных условиях очень неравномерно распределены по поверхности Земного шара. В настоящее время более 80 стран используют теплоту Земли для нужд населения. Далее представлены некоторые данные о геотермальных ресурсах по регионам мира, в странах, где они используются наиболее эффективно.

Америка. Геотермальный потенциал США. США являются безусловным лидером в использовании геотермальных ресурсов. Установленная мощность выработки электроэнергии достигла 16,792 миллиона мегаватт-часов, а суммарная мощность всех геотермальных станций на территории Штатов достигала 3386 МВт.

ГеоТЭС на территории США расположены в штатах Калифорния, Невада, Юта, Гавайи, Оре-

гон, Айдахо, Нью-Мехико, Аляска и Вайоминг. Самая крупная группа станций носит название «Гейзеры» и расположена неподалеку от Сан-Франциско. Она представляет собой комплекс, состоящий из 22 станций, с суммарной мощностью 725 МВт, достаточной для обеспечения многомиллионного города. В Ченах Хот-Спрингс на Аляске работают три установки по производству электроэнергии на бинарных циклах общей мощностью 730 кВт с использованием геотермальной воды с температурой 74 °С, что является мировым рекордом. Первые солнечные фотоэлектрические и тепловые гибридные установки были реализованы в Неваде и Стиллиутере, где геотермальная установка 48 МВт работает в сочетании с 26 МВт солнечных панелей [1].

Однако геотермальная энергия в настоящее время составляет всего 0,48% от общей генерации электроэнергии в Соединенных Штатах [2].

В значительно больших объемах применяется прямое использование геотермальной энергии, которое включает в себя подогрев бассейнов и спа, теплиц и объектов аквакультуры, централизованного теплоснабжения, таяния снега, сушки в сельском хозяйстве, промышленного применения и тепловых насосов. Количество тепловых насосов увеличивается с каждым годом на 8%.

© Ю.А.ШУРЧКОВА, 2018

Годовое потребление тепловой энергии распределяется следующим образом: 139,89 МВт и 1360,6 ТДж / год для индивидуального обогрева помещений; 81,55 МВт и 839,6 ТДж / год для централизованного теплоснабжения; 2,31 МВт и 47,6 ТДж / год для кондиционирования воздуха; 96,91 МВт и 799,8 ТДж / год для тепличного отопления; 141,95 МВт и 3,074,0 ТДж / год для рыбоводства; 22,41 МВт и 292,0 ТДж / год для сушки в сельском хозяйстве; 15,43 МВт и 201,1 ТДж / год для тепловой промышленности; 2,53 МВт и 20,0 ТДж / год для снега плавления; 112,93 МВт и 2,557,5 ТДж / год для купания и плавания; и 16 800 МВт и 66 670 ТДж / год для геотермальных тепловых насосов. Это дает общую для страны 17 415,91 МВт и 75 862,2 ТДж / год [2].

Канада. По оценкам специалистов, в Канаде имеются значительные объемы геотермальных ресурсов. На малых глубинах залегают воды, которые могут обеспечить до 5000 МВт, и залегающие на больших глубинах, но доступных для современных технологий, выше 10 000 МВт. В Западно-канадских Кордильерах было обнаружено более 140 термальных источников с температурой выше 100 °С. Однако отрасль геотермальной энергетики по целому ряду причин развивается очень медленно. Коммерческая эксплуатация природных горячих источников производится в провинциях Альберт, Британская Колумбия и Юкон, Саскачеване в основном для нагрева бассейнов. Они имеют общую установленную мощность 8,780 МВт и годовое потребление энергии 277 ТДж/год. Неглубокие низкотемпературные геотермальные ресурсы эксплуатируются в сочетании с тепловыми насосами: с 1990 по 2015 г. в стране установлено 120 000 единиц с установленной мощностью 1,458 МВт. На жилой сектор приходится около 60% установленной мощности. В настоящее время рассматриваются несколько проектов создания ГеоТЭС [2].

Страны Карибского бассейна. Латинская Америка – самый привлекательный регион в мире для развития геотермальной энергетики. Ее потенциал аналитики агентства IRENA оценивают в 200 ГВт. В Центральной Америке выработка электричества из геотермальной энергии за двадцать шесть лет выросла в 5 раз, в первую очередь, за счет Сальвадора. Он производит 25% электричества на ГеоТЭС от общего объема производимой в стране энергии. Его незадействованный потенциал составляет 600 МВт. Сальвадор является третьим в мире производителем геотермальной энергии, к 2020 г. доля этого сегмента в общем производстве энергии в стране должна достичь 40%.

На одиннадцати восточно-карибских островах имеются горячие источники, грязевые горшки, повышенная температура грунта. Температуры подземных источников в регионе колеблются от 30 до более чем 290 °С. С 2010 г. в регионе интенсивно ведутся геотермальные исследования. Бурение в Доминике подтвердило наличие коммерчески конкурентоспособного ресурса с температурой до 240 °С и запланирована электростанция мощностью 10 МВт. В 2013 г. две скважины были успешно пробурены и испытаны на Монтсеррате. Прямое использование геотермальной теплоты ограничено купанием или бальнеологией с общей установленной мощностью 0,103 МВт [2].

Чили. Как и многие страны Латинской Америки, Чили имеет высокий потенциал с точки зрения геотермальной энергетики, благодаря особенностям строения земной коры на континенте. В стране проводятся разведывательные работы в более чем пяти областях на севере и в центральной части страны. В 2017 г. введена в эксплуатацию геотермальная электростанция CerroPabellón, установленной мощностью 48 МВт, что достаточно для обеспечения потребностей 165 тыс. местных домохозяйств. Она располагается неподалеку от границы с Боливией в пустыне Атакаме на высоте 4500 м над уровнем моря. Это первая в Южной Америке геотермальная электростанция, построенная на такой высоте. Энергообъект состоит из двух установок, каждая мощностью 24 МВт, работающих по бинарной технологии.

Прямое использование геотермального тепла применяется в санаториях и бассейнах. Установленная мощность тепловых станций составляет 11,31 МВт при годовом потреблении энергии 152,12 ТДж / год. Использование тепловых насосов в Чили началось в 1996 г., когда в южной части страны были установлены 52 единицы. Общая установленная мощность тепловых насосов составляет 8,6 МВт, а использование энергии – 34 ТДж / год. Около 83% единиц установлены в коммерческих, промышленных и общественных зданиях; всего 17% в домах и квартирах. В общем для страны прямое использование геотермальной энергии составляет 19,91 МВт и 186,12 ТДж / год [2].

Мексика. Установленная мощность геотермальных станций в стране составляет 1017 МВт. В эксплуатации находятся четыре геотермальных месторождения (Cerro Prieto 720 MWe, Los Humeros 94 MWe, Los Azufres 194 MWe и Las Tres Virgenes 10 MWe). В настоящее время реализуются еще два геотермальных проекта: Los Azufres III с 50 МВт и Los Humeros III-A

с 27 МВт. Производится около 6100 ГВт·ч, что составляет 2,4% от общего объема производства электроэнергии в стране. Геотермальная энергия почти полностью используется для производства электроэнергии. Его прямое использование все еще находится в разработке и в настоящее время остается ограниченным купанием и плаванием [2].

Азия. Китай. Потенциал геотермальной энергии всего Китая эквивалентен 853 млрд тонн условного топлива. Страна активно развивает геотермальную энергетику во всех регионах, особенно в северной ее части. В 13 китайских городах региона Пекин-Тяньцзинь-Хэбэй за счет геотермальных ресурсов можно вырабатывать тепловую энергию в объеме, эквивалентном 92 млн тонн условного топлива в год. Потенциал геотермальной энергии только в этом регионе – 343 млн т условного топлива в год – это 87% потребленного в 2014 г. угля. В Тибетском автономном районе обнаружено более 600 активных гейзеров. Геотермальные источники Тибета составляют примерно 80% всех геотермальных ресурсов страны. Развитие этой отрасли позволит сократить выброс двуоксида углерода на 818 млн тонн в год.

В настоящее время в столице Китая Пекине пробурено около трехсот скважин глубиной примерно в 3 км, из которых поступает вода с температурой до 70 °С. Она используется для центрального отопления высотных домов и для обогрева теплиц. Для охлаждения помещений летом используют горизонтальные, установленные не глубоко в почве теплообменники, охлаждающие воду в системе до 18–15 °С.

Первая геотермальная электростанция заработала в Китае в декабре 1970 г. в провинции Гуандун, на юге страны. До 2012 г. по всей стране работало только три геотермальных электростанции. Крупнейшая в Китае геотермальная электростанция «Янбацзин» расположена на высоте 4300 м над уровнем моря. С 2016 по 2020 г. планируется увеличить геотермальные мощности в северной, центральной и юго-западной части страны до 100 МВт. Китай планирует обеспечить экологически чистой геотермальной энергией спортивные объекты зимних Олимпийских игр-2022 [2].

Индия. Индия имеет определенный потенциал геотермальной энергии: геологическое обследование выявило 350 горячих источников в северо-западной и западной части страны. Согласно оценкам потенциал составляет 10 ГВт, но он практически не разрабатывается [2].

Филиппины. Филиппины расположены в пределах тихоокеанского «Огненного кольца», что благоприятствует развитию геотермаль-

ной энергетики. По данным Международной ассоциации геотермальной энергетики Филиппины являются второй по величине обладательницей геотермальных ресурсов в мире после США. Первая геотермальная электростанция в стране была построена в 1977 г. на острове Лейте. К 2001 г. были построены еще 26 геотермальных электростанций совокупной мощностью 1,9 ГВт что составляло 22% всей энергетики страны и 23% всех установленных геотермальных мощностей в мире. По состоянию на 2015 г., общая мощность геотермальных электростанций в стране оставалась на том же уровне. Эти электростанции генерируют около 14% всей электроэнергии в стране. Оставшийся потенциал геотермальной энергетики страны оценивается в 2,6 ГВт. До 2030 г. планируется строительство еще 26 электростанций, которые увеличат объем геотермальной энергетики на 62% или 1165 МВт [2].

Индонезия. Территория Индонезии также находится на линии «Огненного Кольца», что благоприятствует развитию геотермальной энергетики. Геотермальный потенциал страны оценивается в 24 ГВт, что составляет 40% от мировых запасов геотермальных ресурсов. Но используется он всего лишь на 5%. 85% установленных геотермальных мощностей располагается на острове Ява. Геотермальная электростанция Sarulla проектной мощностью 320,8 МВт строится в регионе Сарулла индонезийской провинции Северная Суматра. Первая очередь станции мощностью около 110 МВт была запущена в эксплуатацию в марте 2017 г. Она сочетает в себе прямую и бинарную технологии. Геотермальная электростанция WayRatai должна быть полностью построена и запущена к 2022 г. [2].

Япония. Несмотря на большой геотермальный потенциал страны, по оценкам – около 20 ГВт, нынешняя общая мощность геотермальной электростанции составляет всего около 500 МВт. После ядерной аварии в марте 2011 г. правительство возобновило стимулирование геотермальных программ. В настоящее время разрабатываются около 40 проектов. Прямое использование геотермальной воды средней и низкой температуры в сочетании с геотермальными тепловыми насосами доступно по всей стране. Они используются для обогрева и охлаждения помещений, бытовой горячей воды и таяния снега. Ориентировочно установленная мощность составляет 100 МВт и годовое потребление энергии 500 ТДж / год. Прямое использование геотермальной энергии распределяется следующим образом: 77,37 МВт и 969,49 ТДж / год для обогрева помещений;

36,92 МВт и 451,73 ТДж / год для тепличного отопления; 7,91 МВт и 141,86 ТДж / год для рыбоводства; 1,24 МВт и 30,92 ТДж / год снеготаяния; 45,76 МВт и 154,88 ТДж / год для кондиционирования воздуха; и 1,810,19 МВт и 23 519,81 ТДж / год для купания и плавания. Это дает общую сумму для страны: 2,186,17 МВт и 26 130,08 ТДж / год [2].

Африка. По оценке ООН потенциальная геотермальная мощность региона может составлять до 15 ГВт. Зона Большого африканского разлома, которая протянулась через северо-восточный «угол» континента, имеет геотермальные ресурсы, которые могут обеспечить экологически чистой энергией все страны Восточной Африки. Основные разведанные геотермальные ресурсы континента находятся в Восточно-Африканской рифтовой долине, которая тянется на 6400 км от Эфиопии до Мозамбика. Геотермальная энергетика на континенте развита слабо, за исключением нескольких стран, в частности, в Кении и Алжире.

Кения. Кения является африканским лидером по объему производства геотермальной энергии. К настоящему времени суммарный объем мощностей в стране составляет **210 МВт**, к 2020 г. страна планирует иметь **2,3 ГВт** установленной мощности. В 2014 г. в Кении запустили геотермальную электростанцию под названием «Олкария IV» мощностью 140 МВт. На данный момент она является крупнейшей в мире геотермальной электростанцией. Стоимость проекта оценивается в 126 миллионов долларов. Финансирование было получено за счет правительства Кении, Европейского инвестиционного банка, Всемирного банка и других инвесторов [2].

Алжир. В стране разведаны более 240 термальных источников, температура теплоносителя в которых не превышает 100 °С. Основными видами использования геотермальных вод в Алжире являются бальнеология, обогрев помещений и тепличное отопление [2].

Австралия. В настоящее время доля Австралии в мировом производстве геотермальной энергии составляет менее одной сотой процента. В стране работает всего одна ГеоТЭС, установленная мощность которой всего 200 кВт. Но потенциал геотермальных источников только Южной Австралии таков, что по прогнозам ученых к 2030 г. они могут обеспечивать до 6–7% от всей потребности энергии в стране. Предполагается развитие технологий петротермальной энергетике на основе получения теплоты от предповерхностных гранитов, залегающих на глубине 3–5 км, температура которых достигает 250–300 °С [2].

Европа. Геотермальный потенциал Европы значительно ниже по сравнению с регионами «Огненного Кольца». Только в отдельных странах – Исландия, Италия, Турция, Франция, Германия – геотермальная энергетика конкурентоспособна наравне с другими возобновляемыми источниками энергии. Суммарная доля геотермальных источников энергии в общей выработке электроэнергии возобновляемыми источниками не превышает 0,5%. Предполагается, что суммарная установленная мощность геотермальных электростанций возрастет до 4000–5100 МВт к 2020 г. Более интенсивно развивается направление прямого использования геотермальной теплоты [3].

Италия. Начало использования геотермальных ресурсов в Италии относится к доисторическим временам. Оно интенсивно развивалось еще во время Римской античности и было связано в основном с тепловой бальнеологией. В начале 20-го века в Италии началось строительство геотермальных электростанций. Основные геотермальные ресурсы для выработки электроэнергии расположены в Тоскане, в районах Лардерелло-Травале (795 МВт) и горе Amiata (121 МВт). В 2013 г. была построена первая в Италии бинарная электростанция мощностью 1 МВт, которая находится в Bagnore Geothermal Field (гора Amiata) В течение 2009–2013 гг. было пробурено тридцать одна скважина на всей геотермальной площади, насчитывающей около 100 000 м². С 2011 г. ведется геологоразведочная работа в районах, прилегающих к существующей эксплуатационной геотермальной площади, с целью найти источники, пригодные для производства электроэнергии. К 2015 г. установленная мощность геотермальных электростанций в стране составляла 1240 МВт, а валовая выработка электроэнергии достигла 5700 ГВт/ч.

Параллельно с развитием геотермальной электроэнергетики, шло наращивание тепловых мощностей. С 1950 по 2000 г. были построены тепловые станции общей мощностью 325 МВт для спа-услуг и бальнеологии. После 2000 г. начали интенсивно применять тепловые насосы.

В 2015 г. использование установленной тепловой мощности и годового потребления энергии распределялось следующим образом: индивидуальное отопление 67 МВт и 517 ТДж / год, централизованное теплоснабжение 68 МВт и 589 ТДж / год, парниковый подогрев 69 МВт и 574 ТДж / год, рыбозаводы 121 МВт и 1932 ТДж / год, в промышленности 14 МВт и 107 ТДж / год, купание и плавание на 418 МВт и 3,463 ТДж / год, а также геотермальные тепло-

вые насосы 257 МВт и 1500 ТДж / год, в общей сложности 1,014 МВт и 8,682 ТДж / год [2, 4].

Исландия. Исландия – это остров, площадью в 103 тысячи км² и населением примерно 320 тысяч человек. В стране нет собственных используемых месторождений нефти и газа. 80% энергии вырабатывается за счет возобновляемых источников: 75% приходится на гидроэнергетику, геотермальные источники вырабатывают 25% энергии, а на долю традиционных углеводородов приходится всего 0,5%. Сегодня Исландия является лидером по количеству электроэнергии, вырабатываемой на душу населения. Производство электроэнергии на базе геотермальных ресурсов началось 45 лет назад и в настоящее время достигло 29% от общей потребности в электроэнергии. Общая установленная мощность в 2015 г. превышала 650 МВт, а годовое производство – около 5250 ГВт/ч.

Тепловая геотермальная энергия используется в Исландии более 70 лет. В 1943 г. там были пробурены 32 скважины на глубину от 440 до 2400 м, которые продуцируют воду с температурой от 60 до 130 °С. За счёт ее теплоты обеспечивается 90% потребностей страны в отопительных мощностях. На отопление и горячее водоснабжение тратится почти половина объёмов геотермальной энергии. Также она используется в бассейнах для купания, в тепличных и рыбоводческих хозяйствах, применяется для таяния снега на городских улицах. Геотермальная энергия полностью обеспечивает теплом столицу Исландии Рейкьявик. Крупнейшим промышленным использованием геотермальной теплоты является сушильная установка Thorverk, расположенная на западе Исландии. Геотермальные тепловые насосы используются, главным образом, в Акурейри для дополнения системы централизованного теплоснабжения в северной части Исландии.

Установленные мощности геотермальной тепловой энергии распределяются следующим образом: централизованное теплоснабжение 1,515 МВт и 29,400 ТДж / год; парниковый нагрев 45 МВт и 660 ТДж / год; рыборазведение – 85 МВт и 2 230 ТДж / год; в промышленности 70 МВт и 910 ТДж / год; таяние снега 195 МВт и 1900 ТДж / год; купание и плавание 90 МВт и 1600 ТДж / год; геотермальные тепловые насосы – мощностью 5 МВт и 17 ТДж / год. Общая сумма оставляет 2040 МВт и 26 717 ТДж / год [2].

Германия. Общая установленная мощность геотермальных систем в Германии составляет 27,1 МВт. Большинство из них находится в Баварии (20 МВт) и Райнланд-Пфальце

(7 МВт). В основном, это теплоэлектростанции и системы централизованного теплоснабжения. Крупнейшая в Германии и самая современная в Европе теплоэлектростанция мощностью 3,4 МВт находится в городе Унтерхахтинг. Она работает по технологии, использующей водно-амиачную смесь. Окупаемость станции рассчитана на 20 лет.

За счет широкого применения тепловых насосов различного типа стало возможным использование скважин глубиной от 400 м и воды с температурой от 20 °С для отопления и охлаждения жилых домов и офисных зданий. Самая большая установка теплового насоса работает в офисном здании в Дуйсбурге и имеет тепловую мощность более 1,0 МВт. Установки мощностью 10–15 кВт используются в жилых домах. В 2013 г. общее количество тепловых насосов всех типов достигло 555 000 единиц.

Согласно прогнозам Research.Techart, доля геотермальной энергетики к 2020 г. может достигнуть 0,3% в совокупном энергобалансе. Установленная мощность составит 750 МВт с выработкой до 5 млрд кВт-ч/год электричества [2].

Турция. Турция входит в первую пятерку стран мира по использованию геотермальных ресурсов вместе с США, Швецией, Китаем и Исландией. В стране имеются более 225 геотермальных месторождений, экономически выгодных для разработки. Кроме того, зарегистрировано около 2000 источников горячей воды, которые имеют температуру от 20 до 287 °С, пробурено около 1200 геотермальных разведочных и добывающих скважин. Установленные мощности геотермальных электростанций в Турции достигли 428 МВт, и поставлена цель увеличить этот показатель до 1000 МВт.

Широко применяется прямое использование геотермальной теплоты. В настоящее время в эксплуатации находятся 16 геотермальных систем централизованного теплоснабжения, в которых используется вода с температурой от 40 до 45 °С без применения тепловых насосов. Геотермальная теплота также широко используется для обогрева теплиц, площадь которых превышает 3 млн м², высокими темпами развивается бальнеологическое использование геотермальной воды. Построены геотермальные тепловые насосы в торговом центре Metro Meydan, в отеле Титаник в Анталии, в аэропорте Сабиха Гекчен в Стамбуле.

Установленные тепловые мощности и годовое потребление геотермальной энергии распределяются следующим образом: 420 МВт и 4 635 ТДж / год для индивидуального обогрева помещений, 805 МВт и 8 885 ТДж / год для

централизованного теплоснабжения, 612 МВт и 11 580 ТДж / год для парникового отопления, 1,5 МВт и 50 ТДж / год для сушки в сельском хозяйстве, 1,005 МВт и 19,106 ТДж / год для купания и плавания и 42,8 МВт и 960 ТДж / год для геотермальных тепловых насосов. Таким образом, общая сумма для страны составляет 2 866,3 МВт установленной мощности [2].

Франция. Установленная мощность геотермальных электростанций во Франции к 2014 г. составляла 16 МВт. В 2017 г. была открыта геотермальная электростанция Rittershoffen высокой производительности: пиковая мощность ее может составить около 190 МВт. Работа станции осуществляется за счет воды, залегающей на глубине до 2,5 тыс. метров.

Первые геотермальные установки прямого использования во Франции были введены в эксплуатацию в 1961 г. В 80-ые годы было пробурено большое количество скважин, а с 2007 г. в парижском бассейне началось интенсивное строительство тепловых геотермальных установок. Оно активизировалось с развитием геотермальных тепловых насосов. В 2015 г. общее количество установленных геотермальных тепловых насосов оценивалось в 163 тыс. со средней мощностью 12,33 кВт. Планируется до 2020 г. увеличить использование геотермальной теплоты в шесть раз за счет использования тепловых насосов для геотермального централизованного теплоснабжения.

В парижском бассейне действуют 37 циркуляционных систем, включающих 50 установок для централизованного теплоснабжения с установленной тепловой мощностью 278,5 МВт. Теплота поставляется также в теплицы и рыбноводческие фермы. В 2007 г. был реализован новый проект циркуляционной системы для теплоснабжения парижского аэропорта Орли. В окрестностях Парижа 33 геотермальные установки отапливают 170 тыс. домов, получая эквивалентную экономию 144 млн м³ природного газа. Геотермальная энергетика развивается также и в других бассейнах, таких как Аквитан, Овернь, Центр, Лангедок и Лотарингия.

Прямое использование геотермальной теплоты во Франции распределяется следующим образом: 2,010 МВт и 10,900 ТДж / год для геотермальных тепловых насосов; 9,5 МВт и 157,2 ТДж / год для индивидуального обогрева помещений; 284,1 МВт и 4 365,4 ТДж / год централизованного теплоснабжения; 8,2 МВт и 123,4 ТДж / год для тепличного отопления; 18,4 МВт для рыбноводства и 16,7 МВт и 137,6 ТДж / год для купания и плавания. Общая сумма для страны составляет 2 346,9 МВт и 15 867 ТДж / год [2].

Венгрия. Венгрия имеет значительные геотермальные ресурсы как в виде самоизливающихся источников с температурой воды 100 °С и выше, так и в виде неглубоко залегающих термальных вод. Но, несмотря на это, использование их в общем объеме потребления энергии в стране не превышает 0,5%. Рассматривался проект строительства большой геотермальной электростанции в населенном пункте Фабияншебештен в области Бекеш, но специалисты сочли, что она будет неконкурентоспособна по сравнению с использованием традиционных топлив. Рассмотрен и утвержден проект строительства ультрасовременной геотермальной электростанции рядом с заводом Audi Венгрия в Дьере. В 2014 г. начались работы по бурению скважин, проектная глубина которых составляет около 2400 м с температурой воды 100 °С. Ввод в эксплуатацию этой станции позволит компании получать до 82 ГВт геотермальной электроэнергии в год, что будет составлять около 6% от общей потребности.

В Венгрии широко применяется прямое использование геотермальной теплоты в бальнеологических центрах всемирно известных курортов для спортивных и терапевтических целей, для обогрева теплиц, которых насчитывается более 70 га, для животноводства, в частности, птицеферм, для рыборазведения, для геотермального централизованного теплоснабжения. Крупнейшая в Венгрии геотермальная система централизованного теплоснабжения, которая питается на 100% геотермальной энергией, эксплуатируется с 1 января 2011 г. в Сценторкине (SW-Венгрия). Она имеет скважину глубиной 1800 м с температурой воды 87 °С в сочетании со скважиной для повторной закачки. Тепловая мощность составляет 3 МВт. Особый интерес представляет проект PannErgyPlc, который является первым крупномасштабным проектом в Венгрии, где геотермальная районная система отопления будет обеспечивать теплом несколько сотен квартир в жилом комплексе Avaz в Мишкольце, втором по величине городе Венгрии. Тепловая мощность составляет 55 МВт, а потребность в тепловой энергии составляет 695 000 до 1 100 000 ГДж. Геотермальные тепловые насосы в стране используются ограниченно.

Установленная мощность и годовое потребление энергии для различных целей распределяется следующим образом: 33,02 МВт и 326,05 ТДж / год для индивидуального обогрева помещений, 153,56 МВт и 1700,26 ТДж / год для централизованного теплоснабжения, 271 МВт и 3,024,12 ТДж / год для тепличного отопления, 6 МВт и 61,51 т / год для рыборазведения,

4 МВт и 31,34 ТДж / год для животноводства, 25 МВт и 297,13 ТДж / год для сельскохозяйственной сушки, 19 МВт и 220,62 ТДж / год для промышленного технологического тепла, 352 МВт и 3,912,03 ТДж / год для купания и плавания, 42 МВт и 695 ТДж / год для геотермальных тепловых насосов. Общая сумма для страны составляет 905,58 МВт и 10 266,06 ТДж / год [2].

Польша. По оценкам экспертов Польша располагает значительными геотермальными ресурсами: имеется 56 документально подтвержденных термальных месторождений, в том числе 17 термальных подземных бассейнов. Но используются эти ресурсы всего на 25%. Геотермальная теплота используется, в основном, для отопления, купания и плавания в сочетании с геотермальными тепловыми насосами. Шесть геотермальных станций централизованного теплоснабжения функционируют: в Подхале (с 1994 года), в Пыжице (с 1996 года), в Мцонове (с 1999 года), в Uniejow (с 2001 года), в Stargard Szczecinski и в Поддебице (с 2013 года). Геотермальные купальные и плавательные бассейны имеются в одиннадцати санаториях.

В последние годы стали уделять большее внимание развитию геотермальных тепловых насосов и в настоящее время их количество оценивается, как минимум, 35 000 единиц. Самая большая установка в стране находится в муниципалитете Щецина с установленной мощностью 2,6 МВт, состоящей из 240 вертикальных скважин на глубине 52 м.

Установленные мощности и годовое потребление геотермальной энергии по стране распределяется следующим образом: 5,0 МВт и 60 ТДж / год для индивидуального обогрева помещений; 82,2 МВт и 573,0 ТДж / год для централизованного теплоснабжения; 0,3 МВт и 0,5 ТДж / год для промышленного технологического тепла; 1,00 МВт и 8,7 ТДж / год для таяния снега; 10,34 МВт и 100,4 ТДж / год для купания и плавания; 390 МВт и 2000 ТДж / год для геотермальных тепловых насосов. Это дает общую сумму для страны 488,84 МВт и 2742,6 ТДж / год [2].

Россия. Запасы геотермальной энергии в России по оценкам специалистов многократно превышают запасы органического топлива. Практически на всей территории страны есть запасы геотермальной теплоты с температурами от 30 до 200 °С. Но основные ресурсы расположены в малонаселенных районах со слабо развитой инфраструктурой, сложными геологическими условиями, с высокой сейсмичностью. Это Камчатка, Сахалин и Курильские острова, Приморье, Прибайкалье, Западно-Сибирский регион. В европейской части страны имеются

геотермальные месторождения с температурой воды от 70 до 180 °С на Северном Кавказе, в Краснодарском и Ставропольском крае, в Калининградской области.

В 1967 г. была создана первая в России Паужетская геотермальная электростанция, которая работает до настоящего времени и дает самую дешевую на Камчатке электроэнергию. Ее мощность составляет 14,5 МВт. Также на Камчатке находятся еще две геотермальные электростанции – Верхне-Мутновская установленной мощностью 12 МВт и Мутновская установленной мощностью 50 МВт. Геотермальные источники энергии обеспечивают на Камчатке до 25% от общего энергопотребления, что значительно помогает ослабить зависимость полуострова от дорогостоящего привозного мазута. На Кунашире действует ГеоЭС 2,6 МВт, и планируют несколько ГеоЭС суммарной мощностью 12–17 МВт. В Калининградской области планируется осуществить пилотный проект геотермального тепло- и электроснабжения города Светлый на базе бинарной ГеоЭС мощностью 4 МВт. В настоящее время на территории России имеются около 4000 скважин глубиной до 5000 м, что позволяет строить геотермальные станции, производящие конкурентоспособную электроэнергию.

Тепловые насосы в стране находятся на ранней стадии развития.

К 2020 г. в России планируется увеличить установленные мощности до 750 МВт и доля геотермальной энергетики может достигнуть 0,3% в совокупном энергобалансе страны. Источник: ИАА Cleandex/Research.Techart [5].

Украина. Украина располагает геотермальными ресурсами почти по всей территории страны. Запасы высокотемпературных термальных вод разведаны в Закарпатье, Крыму, Прикарпатье, Харьковской и Полтавской областях. Согласно данным Госэнергоэффективности Украины, годовой техничеки достижимый тепловой потенциал геотермальной энергии в стране эквивалентен около 90 000 МВт·ч в год, а его использование позволяет сэкономить около 10 млрд куб. м газа. Однако реальное использование геотермальной энергии практически отсутствует за исключением нескольких небольших установок в Крыму. И это, не смотря на то, что еще в середине прошлого столетия украинскими учеными были заложены теоретические основы геотермальной энергетики, была выдвинута идея замкнутого контура и создание циркуляционных систем, разработан метод, который впервые был реализован во Франции а затем и во многих странах мира под названием «украинский способ получения геотермальной

энергии». Украинские ученые и инженеры принимали активное участие в создании ГеоТЭС в России на Камчатке, в Хорватии, Черногории. Но есть все предпосылки и уверенность в том, что Украина в ближайшей перспективе начнет реализовывать неисчерпаемый потенциал земных недр [6, 7].

Заключение. Как показывает анализ, область применения геотермальных ресурсов очень велика: в промышленности, ЖКХ, в сельском хозяйстве, в частном секторе, для которого это является альтернативой автономного газового отопления. Но в мировых масштабах потенциал геотермальной энергии используется крайне мало: доля электроэнергии, получаемой с помощью геотермальных ресурсов, составляет всего 0,5%. Ее производят всего в 24 странах. Лидерами являются США – 3098 МВт, Филиппины – 1931 МВт, Мексика – 958 МВт, Индонезия – 1197 МВт, Новая Зеландия – 762 МВт. Необходимо подчеркнуть, что все эти страны расположены в областях современного вулканизма, в пределах «Огненного Кольца», где теплоноситель имеет высокие параметры, доступен на поверхности Земли, где расходы на сооружение ГеоТЭС минимальны и себестоимость энергии конкурентоспособна на рынке энергоносителей [8, 9].

Значительно более масштабно выглядит прямое использование геотермальной теплоты: для обогрева помещений, в том числе, для централизованного теплоснабжения, для обогрева бассейнов, теплиц, кондиционирования, для подогрева открытого грунта, обогрева дорожного покрытия, в промышленных технологических процессах, для таяния снега и других целей.

По прогнозам специалистов, в предстоящие десятилетия будет наблюдаться рост объема

установленных мощностей как электрических, так и тепловых.

1. Геотермальное поле Гейзеров, Калифорния, Соединенные Штаты Америки. [www.power-technology.com](http://www.power-technology.com/projects/the-geysers-geothermal-california). URL: <http://www.power-technology.com/projects/the-geysers-geothermal-california>.
2. World Geothermal Congress, 2015, Melbourne, Australia, International Geothermal Association. URL: <https://www.geothermal-energy.org/.../world-geothermal-co>.
3. Перспективы развития европейского рынка геотермальной энергетики. URL: <http://abercade.ru/research/analysis/4027.html>.
4. Bertani, R. et al. Summary of EGC 2013 Country Update Reports on Geothermal Energy in Europe, in Proceedings European Geothermal Congress, Pisa, Italy, June 4—6, 2013.
5. Геотермальная энергетика: мировые тенденции и российские перспективы. URL: http://www.cleandex.ru/articles/2016/05/20/geotherm_energy_world_tendency_russian_prospects.
6. Конечников А.Е. Геотермальная энергетика, новости мира. URL: <http://oilreview.kiev.ua/2016/03/05/geotermalnyj-plan-razvitiya/>
7. Долинский А.А., Резакова Т.А. Вклад геотермальной энергетики в энергетическую независимость Украины. *Промышленная теплотехника*. 2017. Т. 39, № 2. С. 6—11.
8. Тихоокеанское Огненное Кольцо. URL: <https://allatra.tv/video/tihookeanskoe-ognennoe-kolco-klimaticheskie-izmeneniya-102>.
9. Ruggero Bertani. Geothermal Power Generation in the World 2010-2014 Update Report. www.geothermal-energy.org. URL: <https://pangea.stanford.edu>.

Поступила в редколлегию 05.11.2018