

РАЗВИТИЕ ГЕОТЕРМАЛЬНОЙ ЭНЕРГЕТИКИ И ИССЛЕДОВАНИЯ В ИСЛАНДИИ



РАЗВИТИЕ ГЕОТЕРМАЛЬНОЙ ЭНЕРГЕТИКИ И ИССЛЕДОВАНИЯ В ИСЛАНДИИ

**Перевод брошюры «Развитие геотермальной энергетики и исследования в Исландии»,
выпущенной в апреле 2006 года, сделан с разрешения ее издателей - Национального
Энергетического Комитета и Министерств промышленности и торговли.**

Июнь 2007 г.



ORKUSTOFNUN
National Energy Authority

НАЦИОНАЛЬНЫЙ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЙ КОМИТЕТ

Orkugardur, Grensasvegur 9
108 Reykjavik
Iceland
Tel: +354 569 6000
www.os.is



MINISTRIES OF
INDUSTRY AND COMMERCE

МИНИСТЕРСТВА ПРОМЫШЛЕННОСТИ И ТОРГОВЛИ

Arnarhvoll
150 Reykjavik
Iceland
Tel: +354 545 8500
www.idnadarraduneyti.is



TRADE COUNCIL OF ICELAND



Текст: Свейнбьорн Бьорнссон
Редактор: Хельга Бардадоттир
Ответственный за перевод брошюры - Торговый Совет Исландии.
Перевод сделан в июне 2007 года
Переводчик: А.В. Друзина
Компьютерная верстка: Вильборг Анна Бьорнсдоттир
Фото на лицевой стороне обложки: NordicPhotos / Лейвур
Фото на оборотной стороне обложки: Оддур Сигурдссон
Печать: Гудьон О
Брошюра первоначально издана по-английски в апреле 2006 года
ISBN 978-9979-880-31-8



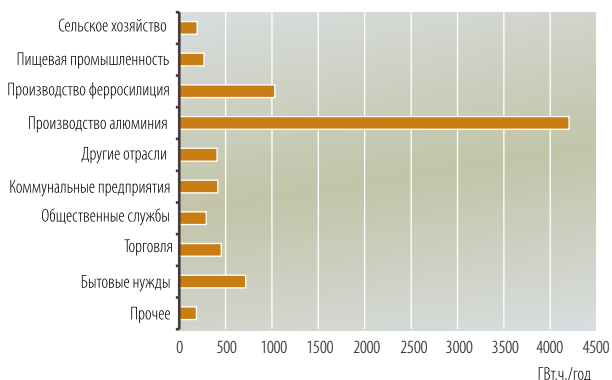
1. ОГЛАВЛЕНИЕ

1. Введение	6
2. Устойчивое использование геотермальных ресурсов	8
3. Происхождение геотермальных ресурсов	10
3.1 Геологические предпосылки	10
3.2 Характеристика геотермальной активности низких температур	11
3.3 Характеристика геотермальной активности высоких температур	12
4. Развитие применения	13
4.1 Отопление помещений	14
4.1.1 <i>Топливо для отопления зданий</i>	14
4.1.2 <i>Использование нефти</i>	14
4.1.3 <i>Электроотопление</i>	15
4.1.4 <i>Первоначальное использование геотермального тепла</i>	15
4.1.5 <i>Влияние нефтяного кризиса на стоимость энергии</i>	15
4.1.6 <i>Выгода от использования геотермального тепла вместо нефти</i>	16
4.1.7 <i>Выравнивание цен на энергоносители</i>	17
4.1.8 <i>Роль правительства в развитии геотермальной энергетики</i>	18
4.1.9 <i>Теплоснабжение Рейкьявика</i>	18
4.1.10 <i>Теплоснабжение района Судурнес</i>	19
4.2 Производство электроэнергии	20
4.2.1 <i>Электростанция Крапла</i>	20
4.2.2 <i>Электростанция в Свартсенги, Голубая Лагуна и электростанция на Рейкьянесе</i>	21
4.2.3 <i>Электростанции в Несьяветлир и Хетлискейди</i>	21
4.2.4 <i>Электростанция в Хусавике</i>	21
4.2.5 <i>Бурение геотермальных скважин</i>	22
4.2.6 <i>Освоение глубокозалегающих месторождений</i>	22
4.3 Другие области применения	24
4.3.1 <i>Промышленность</i>	24
4.3.2 <i>Теплицы</i>	25
4.3.3 <i>Рыборазводные хозяйства</i>	26
4.3.4 <i>Плавательные бассейны</i>	27
4.3.5 <i>Системы снеготаяния</i>	27
4.3.6 <i>Тепловые насосы</i>	28
5. Организации и компании	29
5.1 Национальный Энергетический Комитет	29
5.2 Геологическая служба Исландии	30
5.3 Программа Университета ООН по подготовке специалистов в области геотермальной энергетики	31
5.4 Международный фонд развития	33
5.5 Энекс	34
5.6 Экспорт ноу-хау.	35
6. Для справок	36
6.1 Публикации	36
6.2 Электронные страницы	37
6.3 Перечень рисунков и таблиц	37

1. ВВЕДЕНИЕ

Исландия — это страна с населением около 300 000 человек, расположенная на Средне-Атлантическом хребте. Страна гористая, с многочисленными вулканами и обильными осадками. Особенности геологического строения Исландии обеспечили ей богатые геотермальные и водные энергоресурсы. Одна из беднейших стран Европы в начале 20-ого столетия, зависящая в энергетическом отношении от импорта угля, Исландия прошла с тех пор путь до положения страны с высоким уровнем жизни, где практически вся стационарная энергия и около 72% первичной энергии вырабатываются за счет местных возобновляемых ресурсов (54% геотермальных и 18% водных). Остальная энергия в Исландии обеспечивается за счет импортируемого ископаемого топлива, используемого для рыболовных судов и транспорта. Расход энергии на душу населения в Исландии один из самых высоких в мире, а доля энергии, производимой за счет возобновляемых энергоресурсов, превышает соответствующие показатели в большинстве стран. Нигде в мире геотермальная энергия не играет большей роли в обеспечении энергетических потребностей нации. Почти три четверти населения живет в юго-западной части страны, изобилующей геотермальными ресурсами.

Рис. 1 Потребление электричества в 2004 году



Нынешний объем использования геотермальной энергии для отопления и других целей считается лишь малой долей того, что этот энергисточник может обеспечить. Возможность производства электричества за его счет более неопределенна. Гидроэнергия была основным источником электричества, но за последние десятилетия гидротермальные электростанции также завоевали себе место в его производстве. Растущий спрос на электроэнергию исходит от предприятий с повышенной потребностью в энергии (Рис.1). В 2004 году геотермальные электростанции произвели 17% от общего объема электроэнергии, составившего 8.618 ГВт.ч. В 2009 году планируется произвести 15.000 ГВт.ч., из них 20% за счет геотермальных станций. В то

же время 80% электричества будет расходоваться промышленностью с повышенной потребностью в энергии.

Исландия обладает богатыми неиспользованными источниками энергии. Однако они не бесконечны. Имеются лишь приблизительные подсчеты относительно потенциала этих ресурсов для производства электричества. Существенная

неопределенность возникает при оценке масштабов их возможного освоения, если исходить из технических возможностей, рентабельности и экологии. Относительно потенциального объема производимого электричества эти ресурсы оцениваются примерно в 50.000 ГВт.ч. в год, из них 60% приходятся на гидроэнергию и 40% на геотермальную энергию. К 2009 году количество произведенного электричества составит 30% от этой потенциальной возможности. В настоящее время ведется разработка генерального плана, сравнивающего экономическую осуществимость и экологические последствия предлагаемых проектов электростанций. Предполагается, что данное исследование поможет выбрать наиболее подходящие к осуществлению проекты, принимающие во внимание как экономические, так и экологические последствия таких решений, как, например, относительно того, какие реки или геотермальные поля должны быть использованы с учетом их природной и общественной значимости. Результаты первой очереди исследования были представлены в ноябре 2003 года.

Это исследование сравнивало 19 гидропроектов, в основном на ледниковых реках в горных областях Исландии, и 24 геотермальных проектов, сосредоточенных на полях высокой температуры вблизи от обитаемых областей на юге, юго-западе и северо-востоке страны. Проекты гидроэлектростанций имели общую мощность в 10.500 ГВт.ч./год. Некоторые из этих проектов общей мощностью в 4.700 ГВт.ч./год были, однако, признаны имеющими такие серьезные последствия на окружающую среду, что они возможно не будут приняты к осуществлению. Геотермальные проекты рассчитаны на мощность в 13.200 ГВт.ч./год. Проекты мощностью в 4.200 ГВт.ч./год также подпали под категорию проектов, оказывающих неблагоприятное влияние на окружающую среду. Вторая очередь исследовательской работы по оценке проектов с потенциалом в 10.000 ГВт.ч./год находится сейчас в процессе подготовки, и результаты ожидаются к 2009 году.

Предлагаемый обзор геотермальных исследований и применения геотермальных ресурсов в Исландии основан на ряде источников, которые перечислены в главе 6. Читатель может обратиться к серии докладов, представленных на Международном геотермальном конгрессе в Анталии в Турции в 2005 году. Они представлены на вебсайте www.os.is/wgc2005.



Вид Рейкьявика

Oddur Sigurðsson

2. УСТОЙЧИВОЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ГЕОТЕРМАЛЬНЫХ РЕСУРСОВ

Устойчивое развитие определяется как развитие, отвечающее нуждам настоящего, но не подвергающее риску возможности будущих поколений удовлетворять свои запросы. Эта формулировка существенно неопределенна и часто интерпретируется по-разному. Пытаясь связать устойчивое развитие с разумной эксплуатацией ресурсов, термины «возобновляемый» и «устойчивый» часто употребляют неправильно. Можно говорить о возобновляемом энергетическом ресурсе и устойчивом использовании ресурса. Термин «возобновляемый» описывает свойство ресурса, а именно его способность быть восполняемым, тогда как термин «устойчивый» определяет способ использования данного ресурса. Геотермальная энергия - это возобновляемый энергетический источник, который может быть использован разумно или сверх меры. Чрезмерное использование геотермального поля возможно лишь в течение относительно короткого срока и может означать переинвестирование в бурение скважин и оборудование электростанции. После продолжительного периода чрезмерной эксплуатации оператор геопольа вынужден уменьшить производительность до уровня максимального устойчивого использования. Для того, чтобы избежать перепроизводства, прибегают к «ступенчатому освоению».



Helga Barðardóttir

Голубая Лагуна

Ступенчатое освоение геотермальных ресурсов является методом, который принимает во внимание индивидуальные условия каждой геотермальной системы и уменьшает долгосрочные затраты на эксплуатацию. Стоимость бурения составляет значительную долю затрат как при разведывательных работах, так и при освоении геотермального поля. При использовании ступенчатого метода геопольа можно ввести в эксплуатацию вскоре после удачного бурения первых скважин. Мощность и приемистость месторождения в течение пер-



Haukur Johannesson

Горячий источник Эйвиндархвер на исландском высокогорье

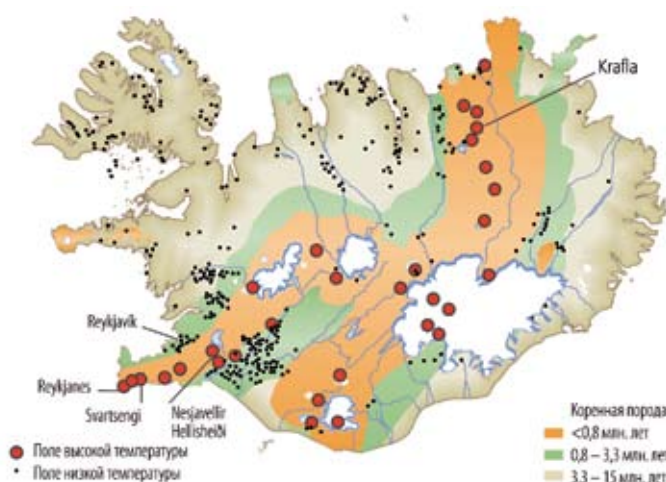
вой ступени освоения используются для оценки масштаба следующей ступени разработки. Таким образом создаются благоприятные условия для координации сроков капиталовложений с показателями доходности, что в свою очередь ведет к снижению долгосрочных производственных расходов по сравнению с теми, которые должны были быть при одноступенчатом освоении геотермального поля. Соединение метода ступенчатого освоения с принципом устойчивой эксплуатации геотермальных ресурсов создает надежный и экономичный способ использования геотермальных ресурсов.

3. ПРОИСХОЖДЕНИЕ ГЕОТЕРМАЛЬНЫХ РЕСУРСОВ

3.1. Геологические предпосылки

С геологической точки зрения Исландия страна молодая. Она расположена на одной из самых крупных в мире линий тектонического сброса – Средне-Атлантическом хребте. Исландия лежит на границе между Североамериканской и Евроазиатской тектоническими плитами и является одним из немногих мест на земле, где можно увидеть этот активно расширяющийся хребет над уровнем моря. Тектонические плиты расходятся на 2 см в год. В результате своего положения Исландия представляет собой одну из самых тектонически-активных зон в мире, с большим количеством вулканов и горячих источников. Здесь часто бывают землетрясения, которые, однако, не вызывают серьезных разрушений. Более 200 вулканов расположены внутри активного вулканического пояса, пересекающего страну с юго-запада на северо-восток, и по крайней мере 30 из них извергались со времени заселения острова. В этой вулканической зоне имеются по крайней мере 20 геотермальных полей, содержащих на глубине до 1000 метров пар с температурой в 250°C. Эти области непосредственно связаны с зоной вулканической активности. Около 250 отдельных месторождений с температурой, не превышающей 150°C на глубине до 1000 метров, расположены в своем большинстве в местностях по краям активной вулканической зоны. На сегодняшний день найдены более 600 горячих источников (с температурой выше 20°C) (Рис.2)

Рис. 2. Вулканические зоны и геотермальные поля в Исландии.





Sigurður Sveinn Jónsson

Теплица в геотермальном районе низкой температуры Лойгараус, Южная Исландия.

3.2 Характеристика геотермальной активности низких температур

Все геотермальные поля с низкими температурами находятся вне вулканической зоны, проходящей через Исландию (См. рис.2). Самое большое месторождение такого рода находится на юго-западе Исландии по краям вулканической зоны, а более мелкие поля разбросаны по всей стране. На поверхности геотермальная активность проявляется в виде горячих или бурлящих источников, однако некоторые месторождения не имеют поверхностного проявления. Выход воды из источника может колебаться от почти нулевого уровня до максимума в 180 л/сек. Источником тепла для низкотемпературной активности считается необычно горячие земные недра Исландии. Сдвиги и разломы, постоянно поддерживаемые тектонической активностью, также играют важную роль, создавая протоки, по которым вода циркулирует по системе, и добывая тепло. Температура горных пород в Исландии обычно возрастает по мере увеличения глубины. За пределами вулканической зоны повышение температуры колеблется от 150°C/км в непосредственной близости от нее и до 50°C/км вдали от зоны. Природа низкотемпературной геотермальной активности может быть определена следующим образом: осадки, выпадающие в основном в высокогорных районах, просачиваются сквозь горные породы до глубины от одного до трех километров, где они нагреваются от горячих пластов земной коры и затем поднимаются на поверхность за счет уменьшения плотности жидкости. Такого рода месторождения обычно очень обширны по площади и представляют собой практически стабильное явление. Считается, что наиболее мощные геотермы – это локализованные конвективные системы, в которых вода циркулирует вертикально по трещинам глубиной в несколько километров. Вода отнимает тепло у глубокозалегающих пластов намного быстрее, чем оно возобновляется за счет проводимости окружающих пластов породы. Поэтому считается, что такого рода геотермальные поля по своей природе не вечны и существуют несколько тысяч лет.



Magnús Ólafsson

Рейкьядалур (Дымная долина) в районе ледника Торфайокутль.

3.3 Характеристика геотермальной активности высоких температур

Зоны высоких температур расположены внутри активного вулканического пояса или по его краям. Они в основном находятся на высокогорье. С геологической точки зрения горные породы там молодые и водопроницаемые. В результате местоположения и водопроницаемости горных пород подземные воды в зонах высокой температуры находятся на большой глубине, и на поверхности геотерма проявляется в виде парового кратера. Сероводород, присутствующий в паре, окисляется на поверхности за счет кислорода воздуха и превращается или в элементарную серу, которая отлагается по краям парового кратера, или в серную кислоту, которая смешивается с водой и изменяет свойства почвы и горной породы.

Внутреннюю структуру старых высокотемпературных геотерм можно видеть на горных формациях третичного и четвертичного периодов там, где эрозия обнажила породу, которая была когда-то на глубине 1-3 километров. Источником теплового питания систем обычно является интрузия магмы. Точка кипения воды зависит от гидростатического давления. С увеличением глубины давление повышается, и температура, необходимая для закипания воды, повышается по кривой, которая называется кривой точки кипения. Самая высокая зарегистрированная температура в скважине составляет 380°C. Гидрологический анализ и данные о водопроницаемости говорят о том, что грунтовые воды резервуара циркулируют вертикально под влиянием изменения их плотности. В большинстве своем грунтовые воды имеют атмосферное происхождение. Однако в трех районах на полуострове Рейкьянес грунтовые воды представляют собой, в основном или исключительно, морскую воду.

4. РАЗВИТИЕ ПРИМЕНЕНИЯ

Как уже было сказано, геотермальные ресурсы обеспечивают более половины потребностей исландцев в первичной энергии. С давних времен горячие источники использовались для мытья и стирки. В конце 19-ого века были предприняты первые попытки использования горячих грунтовых вод в огородном хозяйстве. В начале 20-ого века их стали впервые использовать для обогрева теплиц. Примерно в то же время началось использование геотермальных ресурсов для подогрева воды в бассейнах и для отопления жилищ. Сегодня на отопление помещений уходит самая большая доля прямого использования геотермальной энергии в Исландии. Рисунок 3 показывает распределение использования геотермальной энергии в 2005 году. В 2005 году прямое использование геотермальной энергии, как, например, для отопления помещений, составляло около 27.690 ТДж, что соответствует 7.608 ГВт.ч. 16% геотермальной энергии использовалось для производства 1.658 ГВт.ч. электричества. Рис. 3 наглядно показывает, что отопление помещений забирает большую часть (58%) используемой геотермальной энергии, второе место занимает расход этой энергии (16%) на производство электричества.

После достижения максимального уровня в восьмидесятых годах прошлого столетия освоение геотермальных ресурсов для их первичного использования было довольно медленным. Однако за последнее время отопление помещений за счет термальных вод постепенно наращивает объемы. Новые промышленные объекты, потребляющие геотермальную энергию в больших масштабах, не появились, несмотря на большие возможности в этой области. Главное направление геотермальной энергетики в Исландии за несколько последних лет заключается в разведывательных работах на геотермальных полях высокой температуры и в бурении скважин с целью производства электричества для дальнейшего роста алюминиевой промышленности в стране.

Рис. 3. **Использования геотермальной энергии в Исландии по отраслям хозяйства в 2005г.**



4.1 Отопление помещений

За последние 60 лет значительно развилось использование энергии для отопления помещений в Исландии. После Второй мировой войны Национальный Энергетический Комитет и Геологическая служба Исландии (и их предшественники) провели много исследований и разработок, результатом которых стало использование геотермальных ресурсов для отопления 87% всех исландских жилых помещений. Это достижение дало Исландии возможность ввозить меньше ископаемого топлива и понизить расходы на отопление.

4.1.1 Топливо для отопления зданий

В такой холодной стране, как Исландия, необходимость в обогреве помещений сильнее, чем в большинстве других стран. Со времен заселения острова исландцы старались найти способы отопления своих жилищ. Сначала они пользовались открытым очагом посреди пола. При этом на крыше было отверстие, сквозь которое дым выходил наружу, а в жилище проникал свет. По мере того, как лесов становилось все меньше, люди были вынуждены мириться с тем, чтобы жить в более холодных помещениях, обогреваясь за счет кухонной плиты и тепла, исходящего от домашних животных. Однако зажиточные люди имели печи с дымоходом для отопления своих домов. Во второй половине 19-века обогрев помещения за счет кухонных плит стало распространенным, а в конце века появились системы центрального отопления горячей водой, обустраивающие целые жилые кварталы.

В старину для отопления жилищ широко использовался торф, а также морские водоросли. Это продолжалось даже после того, как после 1870 года начался ввоз угля для отопления. В сельской местности повсеместно жгли кизяк, потому что доставка угля и торфа туда была затруднительной из-за отсутствия дорог. Использование угля для обогрева помещений возросло в начале 20-ого века, и уголь оставался главным теплоносителем до конца Второй мировой войны.

4.1.2 Использование нефти

Зависимость Исландии от импорта нефтепродуктов началась в начале 20-ого века. Сначала они использовались для освещения, для моторов мелких рыболовных судов и позже - для автомобилей. Нефть для отопления стала важной после Первой мировой войны, а к 1950 году около 20% семей использовали нефть для отопления, а 40% жгли для этого уголь. В это время около 25% семей пользовались геотермальной энергией для обогрева жилищ. В пятидесятых

годах оборудование для использования нефти для отопления усовершенствовалось, что естественно привело к увеличению ее доли в отоплении. В результате этого уголь практически перестали употреблять для обогрева примерно в 1960 году. В то же самое время быстро совершенствовалась аппаратура, регулирующая температуру центрального отопления, и появились первые автоматические термостаты для радиаторов отопления.



Reykjavik Energy

Черное облако дыма над Рейкьявиком в 1940 году от сжигания угля для отопления

4.1.3 Электроотопление

В начале прошлого века во многих районах были построены мелкие гидроэлектростанции. Эти станции были удобны для хуторов, производя электричество для освещения, приготовления пищи и иногда отопления. Такие частные станции, принадлежащие фермерам, получили большое распространение. Однако позже была создана электрораспределительная система для обслуживания сельского населения. Отопление жилья за счет электроэнергии не стало распространенным до тех пор, пока не были построены крупные электростанции в тридцатых и сороковых годах.



Oddur Sigurdsson

Высоковольтная линия электропередачи

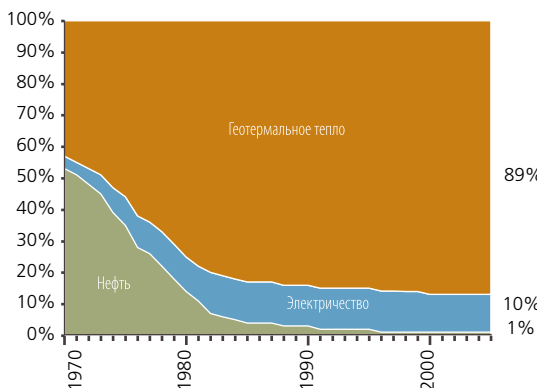
4.1.4 Первоначальное использование геотермального тепла

Первые попытки использования геотермального тепла для отопления жилья были сделаны к 1907 году. Фермер в Западной Исландии отвел пар из горячего источника рядом со своей фермой по бетонной трубе к себе в дом, который находился в нескольких метрах от источника. В 1909 году другой фермер недалеко от Рейкьявика стал первым, кто попытался закачивать горячую воду из источника для обогрева дома. В Рейкьявике масштабное использование горячей воды для отопления жилья началось в 1930 году, когда был проложен трубопровод длиной в 3 километра для транспортировки горячей воды из горячих источников в две начальные школы, закрытый бассейн, национальную больницу и 60 жилых домов в столице. В 1943 году был сделан новый шаг в этом направлении, когда был введен в эксплуатацию трубопровод длиной 18 километров и начала действовать Рейкьявикская система центрального отопления. К концу 1945 года к ней были подключены 2850 домов. Население Рейкьявика в то время насчитывало 44.000 человек. В дополнение к развитию центрального отопления в столичной области многие населенные пункты по всей стране строили свои собственные системы центрального отопления там, где горячие источники или буровые скважины давали достаточное количество термальной воды. Самые крупные системы были в Олафсфьордуре (1944), Хверагерди (1947), Сельфоссе (1948) и в Сойдауркроуре (1953). Районные школы старались строить поближе к источникам геотермальной воды, которую можно было использовать для отопления и подогрева воды в бассейнах.

4.1.5 Влияние нефтяного кризиса на стоимость энергии

Когда в начале семидесятых годов разразился нефтяной кризис, вызванный арабо-израильской войной, мировые цены на сырую нефть возросли на 70%. Примерно в это же время около 90.000 человек, т.е. около 43% населения Исландии, пользовались геотермальным отоплением. Нефть обеспечивала отопление жилья более 50% населения, а остальные пользовались для этой цели электричеством. Чтобы облегчить людям последствия роста цен на нефть, Исландия начала субсидировать тех, кто пользовался нефтепродуктами для отопления. Нефтяные кризисы 1973 и 1979 (революция в Иране) годов вынудили Исландию изменить свою энергетическую политику, переместив акцент с нефти на местные энергоносители – гидроэнергию и геотермальное тепло. Эта политика означала разведку новых геотермальных ресурсов и строительс-

Рис. 4 Относительная доля энергетических ресурсов, используемых для отопления жилищ.



89% затраты на нефть все равно составляли 50%-60% от общей стоимости отопления. Таков был результат повышения цен на нефть.

Относительная доля энергетических ресурсов, используемых для отопления жилищ, изменилась с 1970 года (См. рис.4). Совершенно очевидно увеличение доли геотермального тепла, но после 1985 года этот прирост сравнительно невелик.

Однако использование геотермальной энергии все еще увеличивается, и в будущем ее доля может вырасти до 92% по сравнению с 89% сегодня. Доля нефти в отоплении продолжает сокращаться и составляет в настоящий момент 1%. На долю электрического отопления приходится 10%, причем треть его обеспечивается тепловыми станциями, где вода подогревается электричеством и поступает по центральной отопительной системе в разные населенные пункты.

4.1.6 Выгода от использования геотермального тепла вместо нефти

Экономическая выгода от государственной политика увеличения использования геотермальной энергии видна при сравнении стоимости отопления горячей водой и стоимости отопления нефтью.

Рис. 5 Стоимость горячей воды по сравнению с нефтью

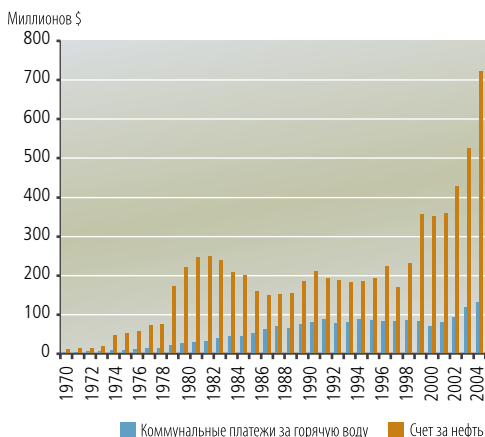


Рис. 5 сравнивает стоимость горячей воды и нефти, необходимых для производства одинакового количества энергии для отопления (1970-2005г.г.). Все приведенные цифры соответствуют реальной стоимости в соответствующем году. Прямая ежегодная экономия достигла максимума между 1980 и 1983 годами и составила 200 миллионов долларов в год. Она превысила 200 миллионов в 2000 году, и показатели экономии продолжают расти по мере того, как растут цены на нефть. В 2000 году суммарные сбережения за период с 1970 до 2000 года были оценены в 8.200 миллионов долларов, что в три раза превысило национальный бюджет Исландии на 2000 год. Могут быть разные мнения по поводу оценки экономии от использования для отопления геотермальной энергии

вместо нефти. Некоторые считают, например, что можно использовать и другие энергоносители для отопления, а не только нефть. Кроме того, тепловая энергия может быть также получена за счет увеличения производства гидроэлектроэнергии, как это делают в Норвегии. Однако экономия за счет геотермальной энергии является устойчивой и в значительной мере способствовала экономическому процветанию Исландии.

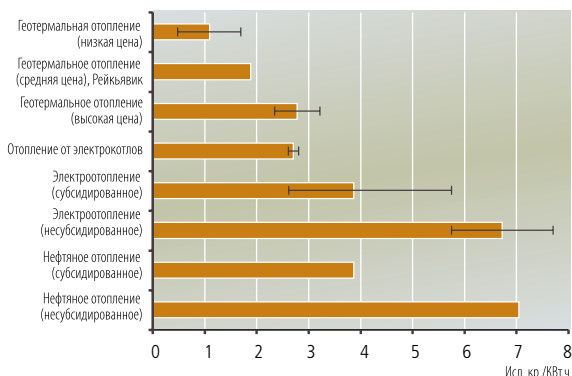
Использование геотермальной энергии для отопления помещений оказало свое благотворное влияние и на окружающую среду. И геотермальные, и водные источники энергии считаются возобновляемыми в отличие от углеродистого топлива, такого как уголь, нефть и газ. Геотермальное тепло также менее губительно для окружающей среды, чем углеродистое топливо, так как оно не загрязняет атмосферу выбросами CO₂. Исходя из того, что объем геотермальной энергии для отопления в 2003 году равнялась количеству энергии, получаемой от сжигания 646.000 тонн нефти, подсчитано, что использование геотермального тепла уменьшило выброс CO₂ в атмосферу в стране на 37%.

Помимо экономических и экологических преимуществ, разработка геотермальных ресурсов оказывает благоприятное влияние на общественную жизнь в Исландии. Люди предпочитают жить в тех районах, где есть возможность использования геотермального тепла, в столичном округе и в сельских местностях, где термальные источники могут быть использованы для отопления жилья и теплиц, школ, бассейнов и других спортивных сооружений, для туристического бизнеса и мелкой промышленности. Статистика свидетельствует также об улучшении здоровья в этих областях.

4.1.7 Выравнивание цен на энергоносители

Выравнивание цен на энергоносители – давняя политика в Исландии. Она осуществляется разными способами, например, выплатой субсидий тем, кто отапливает свое жилье нефтью. Семьи, отапливающие свои дома электричеством, получают также правительственные субсидии начиная с 1982 года (Рис. 6). В 2002 году было принято Постановление о субсидиях. Эти субсидии сегодня составляют сумму в 15 миллионов долларов в год. Небольшая часть из них идет на снижение затрат на нефть в тех местах, где нет другой возможности отапливать жилье. Стоимость отопления не полностью определяется ценами на энергоносители. Здания, особенно старые, находятся в разном состоянии в отношении тепловой изоляции и аппаратуры для регулирования расхода теплоты. Привычки и потребности обитателей домов также неодинаковы. Поэтому расходы на отопление двух домов одной величины в одном и том же месте могут значительно отличаться. Решением проблемы слишком высоких счетов за отопление может быть улучшение жилья или разумная экономия тепла. Правительство приветствует такие меры.

Рис. 6 Сравнение цен на энергоносители для отопления жилья в сентябре 2005 года



4.1.8 Роль правительства в развитии геотермальной энергетики

Правительство поддерживает разведку геотермальных ресурсов, а также исследования разных способов использования геотермальной энергии. Эта работа началась в сороковых годах прошлого столетия в Государственном комитете по электричеству и позже, уже несколько десятилетий, находится в руках его преемника, Национального Энергетического Комитета, организованного в 1967 году. Цель состояла в том, чтобы накопить знания относительно геотермальных ресурсов и сделать их использование выгодным для национальной экономики. Эта работа привела к значительным успехам, особенно в деле поисков альтернативных энергоносителей для отопления жилищ. Данные успехи стали возможными благодаря высококвалифицированным специалистам и ученым Национального Энергетического Комитета. Исследования сейчас продолжаются в новом государственном учреждении – Геологической службе Исландии, которая отпочковалась от Государственного Энергетического Комитета в 2003 году. Были разработаны новые совершенные методы геологической разведки для обнаружения геотермальных ресурсов. Это привело к созданию систем геотермального отопления в районах, где раньше не предполагались такие природные богатства. Геотермальная индустрия в Исландия достигла сейчас такого уровня развития, что государственное участие в этой области очень незначительно. Успешные энергокомпании теперь руководят исследованием ресурсов на уже используемых геотермальных полях, а также занимаются поисками новых геотермальных зон.

Исландское правительство также организовало Энергетический фонд для дальнейшего роста использования геотермальных ресурсов. Этот фонд был создан за счет слияния в 1967 году бывших Электрического и Геотермального фондов. В течение нескольких последних десятилетий фонд предоставил множество займов компаниям для проведения разведывательных работ и бурения. Там, где бурение не принесло ожидаемых результатов, займы были превращены в субсидии. Согласно принятому в 2003 году Постановлению об энергии, Энергетический фонд теперь находится в ведении Национального Энергетического Комитета.

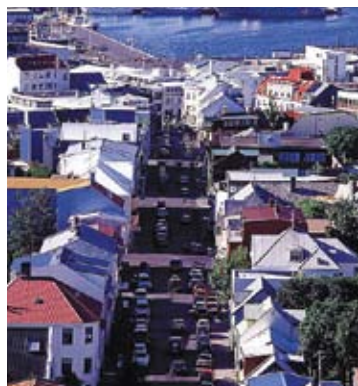
За последние годы использование геотермальной энергии для отопления помещений возросло в основном за счет роста населения в районе, прилегающем к столице. Люди переезжают сюда из сельской местности. В результате изменившейся картины заселения и открытия геотермальных ресурсов в так называемых «холодных» областях Исландии, ожидается, что доля геотермального тепла в отоплении помещений увеличится в течение нескольких следующих десятилетий до 92%.

Крупные системы центрального отопления принадлежат соответствующим муниципалитетам. Около 200 небольших систем центрального отопления существуют в сельской местности. Недавние изменения в структуре собственности на многие системы центрального отопления в Исландии принесли свои плоды. Более крупные компании купили или слились с более мелкими системами отопления. Все большее распространение получает такая ситуация, когда одна и та же компания, принадлежащая муниципалитету, отвечает за центральное отопление и распределение электроэнергии. Такое развитие отражает растущую конкуренцию на энергетическом рынке страны.

4.1.9 Теплоснабжение Рейкьявика

Централизованное теплоснабжение Рейкьявика ведет свою историю с 1930 года, когда несколько официальных учреждений и около 70 частных домов получили горячую воду из геотермальных

скважин, расположенных недалеко от старых горячих источников в Рейкьявике. Компания Теплоснабжение Рейкьявика была официально зарегистрирована в 1943 году, когда началось закачивание горячей воды из геотермального резервуара Рейкир в 18-ти километрах от города. Энергокомпания Рейкьявика (Orkuveita Reykjavíkur) была создана в 1999 за счет слияния двух компаний – Теплоснабжение Рейкьявика и Электроснабжение Рейкьявика. Новая компания отвечает за распределение и продажу горячей воды и электричества, а также за городской водопровод. В компании работают 492 человека, и ее оборот в 2003 году составил 183 миллиона долларов. Энергокомпания Рейкьявика представляет собой самую большую из 26 исландских компаний по геотермальному теплоснабжению, которые находятся в ведении муниципалитетов. Она использует зоны низкой геотермальной температуры в самом Рейкьявике и вблизи него, а также геотермальное поле Несьяветлир с высокой температурой в 27 км от города. В Несьяветлир холодная вода нагревается на теплоэлектростанции. В настоящее время Энергокомпания Рейкьявика обслуживает 182.000 человек, т.е. почти все население столицы и шести прилегающих к ней населенных пунктов. (См. таб.1)



Oddur Sigurdsson

Жилой квартал Рейкьявика

Таблица 1: Энергокомпания Рейкьявика – центральное отопление в 2004 г.

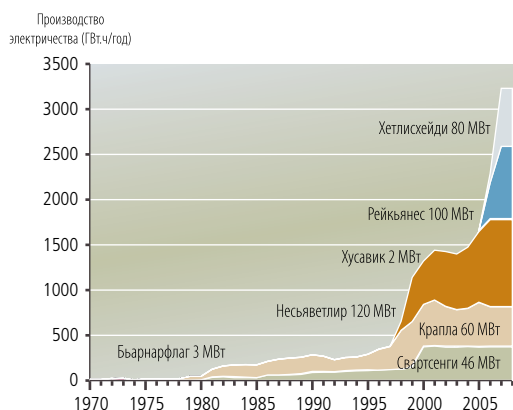
Количество обслуживаемых пользователей	181.626	
Кубатура обслуживаемых зданий	52.685.307	м ³
Температура воды у пользователя	75	С°
Количество действующих скважин	80	
Установленная мощность	1070	МВт
Максимальная нагрузка в 2004 г.	698	МВт
Общая длина трубопроводов	2233	км
Объем поставляемой воды	65.096.971	м ³ /год

За последние несколько лет Энергокомпания Рейкьявика укрупнилась, присоединив к себе несколько районных отопительных систем на юге и западе страны. Некоторые из них - небольшие системы в сельской местности, а другие – одни из самых крупных в стране геотермальные отопительные системы.

4.1.10 Теплоснабжение района Судурнес

Компания Теплоснабжение района Судурнес была пионером в строительстве теплоэлектростанции в Свартсэнги на полуострове Рейкьянес в 1977 году. Станция использует соленые термальные воды с температурой в 240°С для нагревания пресной воды для системы центрального отопления и для производства электричества. Аэропорт в Кефлавике, а также 4 населенных пункта на полуострове Рейкьянес (население 17.000) используют горячую воду и электричество, поступающие с этой станции. Она обеспечивает электричеством также Хафнарфьордур с населением в 25.000 человек.

Рис. 7 Производство электричества за счет геотермальных ресурсов, 1970-2008 г.г.



4.2 Производство электроэнергии

Производство электричества за счет геотермальных ресурсов значительно возросло за последние годы. В результате быстрого роста энергоемкой промышленности в Исландии увеличилась потребность в электричестве. Рис. 7 показывает развитие в течение 1970-2005 годов и запланированное производство электричества до 2008 года. Установленная мощность геотермальных электростанций в настоящее время равна 200 МВт. Объем произведенного электричества в 2005 году составил 1.658 ГВт.ч., что соответствовало 19,1% от общего количества электричества, произведенного в стране. Расширение существующих электростанций и две новые электростанции увеличат установленную мощность на 210 МВт в 2006 году и доведут общую производительность до 410 МВт.

4.2.1 Электростанция Крапла

Электростанция Крапла на севере Исландии работает с 1977 года. Когда началось строительство электростанции, были куплены две двухступенчатые паровые турбины мощностью 30 МВт каждая, но из-за непредвиденных трудностей в обеспечении станции паром Крапла работала только на одной турбине в течение первых 20 лет. Нехватка пара была вызвана вулканической активностью, при которой вулканические газы проникали в самую продуктивную часть геотермального резервуара. Эта загазованность вызывала проблемы с эксплуатацией некоторых скважин, выражающиеся прежде всего в быстром образовании накипи из сложных ферросиликатов. Это приводило к

коррозии обшивки стволов скважин. Неоднократное разведывательное бурение в районе электростанции показало, что сейчас, через 20 лет после извержения, содержание магматических газов в потоке резко уменьшилось, и теперь резервуар может снабжать станцию паром, не вызывая образования накипи и коррозии. Станция успешно действовала на одной турбине несмотря на девять вулканических извержений, последнее из которых было в 1982 году. Первоначально производство энергии составляло 8 МВт, а к 1982 году достигло 30 МВт. Мощность электростанции Крапла была увеличена в 1997 году с 30 до 60 МВт, и в настоящее время идет подготовка к тому, чтобы добавить еще 49 МВт к ее мощности. Планируется также построить новую электростанцию в районе Краплы. В настоящее время Крапла



Электростанция Крапла

находится в ведении Национальной энергетической компании (Landsvirkjun). Общая мощность произведенного Краплой электричества составляла в 2005 году 483 ГВт.ч.

4.2.2 Электростанция в Свартсенги, Голубая Лагуна и электростанция в Рейкьянесе

Теплоэлектростанция в Свартсенги, снабжающая систему центрального отопления района Судурнес, использует геотермальную соленую воду с температурой в 240°C с уровнем солёности на треть ниже солёности морской воды. Геотермальное тепло передается холодной воде с помощью нескольких теплообменников. После реконструкции и расширения в конце 1999 года общая установленная мощность электростанции в Свартсенги возросла до 200 МВт по производству горячей воды и до 45 МВт по производству электричества. Из этого объема 8,4 МВт были получены с помощью бинарных установок ОРМАТ, использующих отработанный пар с низким давлением. Общая мощность произведенного станцией в Свартсенги электричества составила в 2005 году 368 ГВт.ч. Излишки соленой отработанной воды с теплоэлектростанции отводятся в водоем, называемый Голубой Лагуной. Люди, страдающие псориазом и другими кожными заболеваниями, как например, экземой, давно начали пользоваться Голубой Лагуной для купания, так как богатая кремнеземом соленая вода оказывает целебное действие на кожный покров. Голубая Лагуна является самой популярной туристской достопримечательной Исландии, ее ежегодно посещают 170.000 человек. В июле 1999 года в Голубой Лагуне, в 800 метрах от старого места, был открыт новый комплекс сооружений, который включает в себя открытый бассейн и закрытые купальни, парилки, грязевые ванны и рестораны. Новые сооружения приобрели международную известность, в связи с чем ожидается увеличение числа посетителей.

Теплоснабжение района Судурнес строит новую электростанцию в районе геотермального поля Рейкьянес. На первом этапе на станции будут установлены две турбины мощностью в 50 МВт каждая. Станция вводится в эксплуатацию в 2006 году, и в дальнейшем ожидается увеличение ее мощности до 150 МВт.

4.2.3 Электростанции в Несьяветлир и Хетлискейди

Энергокомпания Рейкьявика эксплуатирует теплоэлектростанцию на геотермальном поле высокой температуры Несьяветлир к северу от вулкана Хенгиль с 1990 года. Основная функция станции, находящейся на расстоянии 27 км от города, заключается в снабжении окрестностей Рейкьявика горячей водой. Холодная вода подогревается смесью геотермального пара и воды в теплообменниках. Станция начала производить электроэнергию в 1998 году, когда на ней были запущены две паровые турбины мощностью 30 МВт каждая. В 2001 году была добавлена еще одна турбина, и мощность станции возросла до 90 МВт тогда, а в 2005 года она достигла 120 МВт. Общая мощность произведенного на станции в Несьяветлир электричества составила в 2004 году 674 ГВт.ч.

Энергокомпания Рейкьявика ведет строительство геотермальной электростанции в Хетлискейди в южной части зоны вокруг вулкана Хенгиль, введение ее в эксплуатацию ожидается в 2006 году. Начальная мощность станции составит 80 МВт. В дальнейшем планируется расширение электростанции, и она будет снабжать горячей водой Рейкьявик.

4.2.4 Электростанция в Хусавике

В Хусавике на севере Исландии производство электричества за счет геотермальной энергии

началось в середине 2000 года, когда одним из первых в мире был введен в эксплуатацию бинарный жидкостный генератор Калина мощностью в 2МВт. Он использует в качестве источника энергии воду с температурой в 120°C для подогрева смеси воды с аммониаком, которая действует в закрытом контуре как рабочая жидкость для теплообменников и турбины. Эта смесь имеет более низкую температуру кипения, чем вода, и может создавать давление пара и газа при точке кипения в 80°C. Производимое станцией электричество покрывает три четверти потребности Хусавика в электроэнергии. Горячая вода со станции используется для отопления и для подогрева воды в местном плавательном бассейне.

4.2.5 Бурение геотермальных скважин

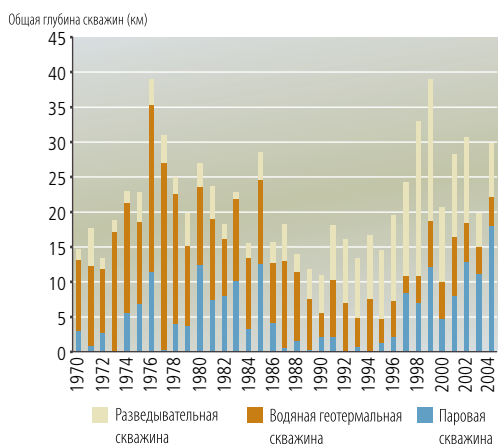
Бурение разведывательных скважин в значительном масштабе началось в связи с растущими потребностями в геотермальных энергоресурсах. Бурение производится частными подрядчиками. Самый крупный подрядчик, Исландская буровая компания, недавно закупила две совершенные буровые установки, которые могут бурить скважины до 4.000 метров в глубину геотермальных полей высокой температуры. Рис. 8 показывает общую глубину разведочных скважин, скважин с горячей водой и паром, пробуренных за последние 35 лет.

4.2.6 Освоение глубокозалегающих месторождений

В течение ближайших нескольких лет Исландский проект глубинного бурения (ИПГБ) предполагает пробурить и испытать ряд скважин, которые достигнут сверхкритических зон, находящихся, как считают, под тремя эксплуатируемыми в настоящий момент геотермальными резервуарами в Исландии, а именно – Крапла, Несьяветлир и Рейкьянес (Рис. 2). Этот проект потребует бурения на глубину свыше 5 км для получения гидротермальных жидкостей с температурой вплоть до 600°C. Проект ИПГБ был начат в 2000 году консорциумом из трех крупнейших исландских энергетических компаний, назвавшим себя «Взгляд вглубь». Ими были Теплоснабжение района Судурнес, Национальная энергетическая компания и Энергокомпания Рейкьявика, а Национальный Энергетический Комитет представлял государственную долю участия в проекте.

Главная цель этого проекта заключается в повышении экономического потенциала геотермальных ресурсов высокой температуры. Двухлетняя работа по анализу осуществимости проекта, включавшая геологическую разведку и выбор участков, технику бурения, работу с жидкостью и оценку стоимости, была завершена в 2003 году. Отчеты об этой работе помещены на вебсайте ИПГБ www.iddp.is. Основываясь на проделанной подготовительной работе, консорциум «Взгляд вглубь» решил в ноябре 2003 года перейти к осуществлению проекта и к поискам иностранных партнеров. С самого начала работы над проектом исландцы были готовы к привлечению иностранных научных исследований. Международная группа консультантов САГА оказывает помощь в отношении научного и инженерного планирования ИПГБ и была организована в 2001 году при финансовой поддержке Международной научной про-

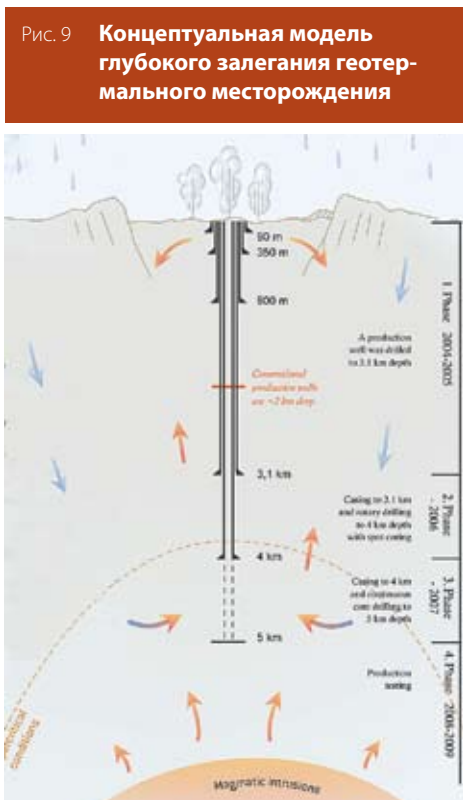
Рис.8. Общая глубина геотермальных скважин, пробуренных ежегодно в Исландии в 1970-2004 г.г.



граммы бурения (ICDP). САГА обсуждала проблемы, связанные с бурением и научной стороной проекта, на двух международных семинарах в 2002 году. Около 160 ученых из 12 стран присутствовали на этих обсуждениях. Рекомендации по поводу проекта ИПГБ представлены в докладах группы САГА, доступ к которым можно получить на вебсайте ИПГБ. Моделирование, приведенное в технико-экономическом докладе, подчеркивает, что по сравнению с производительностью обычных геотермальных скважин глубиной в 2,5 км, можно ожидать десятикратного увеличения выходной мощности скважины, если жидкость забирается из резервуаров с температурой выше 450°C. Это происходит потому, что сверхкритические флюиды имеют очень низкую вязкость и плотность, в результате чего можно получить необыкновенно высокую производительность таких скважин. Типичная геотермальная скважина в Исландии выдает энергию, равную примерно 5 МВт. Скважина, пробуренная по проекту ИПГБ, извлекающая жидкость из сверхкритического резервуара с температурой 430-550° С и давлением 23-26 МПа может производить 50 МВт энергии при том же объеме притока жидкости в скважину. Однако для достижения этих параметров необходимо бурение на глубину свыше 4 километров (Рис.9).

Анализ осуществимости проекта также показал, что скважина глубиной в 5 км по проекту ИПГБ может быть пробурена с помощью существующих технических средств, но такая глубокая рабочая скважина будет стоить 8-9 миллионов долларов. Бурение разведывательной скважины в натуральную величину согласно ИПГБ со взятием керновых проб, необходимых для научной стороны проекта, может стоить до 15,5 миллионов долларов. Бурение более глубоких скважин для исследования такого необычного геотермального ресурса могло бы позволить также испробовать закачивание холодной воды в раздробленную породу для забора тепла из очень горячего резервуара. Возможно было бы также произвести опыты по увеличению проницаемости.

В декабре 2003 года член исландского консорциума, Теплоснабжение района Судурнес, вызвался разрешить ИПГБ углубить одну из планируемых ими разведывательно-эксплуатационных скважин глубиной в 2,7 км для проведения научных исследований. Она находится на полуострове Рейкьянес, там где Средне-Атлантический хребет поднимается над поверхностью океана. Это местонахождение является идеальным для изучения состояния сверхкритичности и взаимодействия гидротермальных и магматических систем на среднеокеанических хребтах. Всесторонняя научная программа с участием ученых из более чем 12 стран собирается воспользоваться этой беспрецедентной возможностью для исследований.



4.3 Другие области применения

4.3.1 Промышленность

- Диатомитовый завод на озере Миватн около геотермального поля высокой температуры Наумафьатль был введен в эксплуатацию в 1967 году и выпускал около 28.000 тонн диатомитовых фильтров для экспорта. По экологическим и рыночным причинам завод был закрыт в конце 2004 года. На заводе работали 50 человек, и он был одним из самых крупных в мире промышленных предприятий, использующих геотермальный пар. Сырьем был кизельгур со дна озера Миватн. Каждый год завод потреблял около 230.000 тонн геотермального пара с давлением 10 бар (180°C), в основном для сушки. Это соответствует годовому потреблению энергии объемом в 444 ТДж.
- Компания по переработке морских водорослей, Торверк, находящаяся в Рейкхолар на западе Исландии, непосредственно использует геотермальное тепло в своем производстве. Компания собирает водоросли в водах Брейдарфьорда на северо-западе Исландии, используя специально приспособленные для этого суда. После доставки на сушу водоросли измельчают и сушат на сушильном конвейере, который использует много чистого воздуха, подогретого до температуры 85°C горячей водой в теплообменниках. Эта фабрика работает с 1976 года и производит от 2.000 до 4.000 тонн муки из скальных и бурых водорослей в год, употребляя при этом для сушки 34 л/сек воды при температуре 107°C. Продукция фабрики сертифицирована как экологически чистая. Годовое потребление фабрикой геотермальной энергии составляет около 150 ТДж.
- Солевой завод работал на полуострове Рейкьянес в течение нескольких лет. Из термальной соленой воды и морской воды завод вырабатывал соль для местной рыбной промышленности, а также «здоровую соль» с низким содержанием хлористого натрия на экспорт. В течение последних лет завод работал с перебоями.
- Начиная с 1986 года установка в Хайдаренди в Гримнесе на юге Исландии производит из геотермальной жидкости жидкую углекислоту (CO₂) в коммерческих целях. Геотермальное поле в Хайдаренди имеет среднюю температуру в 160°C и очень высокое содержание газа (1.4% по весу). Газ, выбрасываемый из скважины, представляет собой почти чистый углекислый газ с содержанием лишь 300 промилле сероводорода. При выходе на поверхность жидкость из этой скважины образует много накипи из карбоната кальция. Образование накипи предотвращается с помощью теплообменника внутри колодца длиной в 250 м и состоящего из двух коаксиальных стальных труб. Холодная вода закачивается через внутреннюю трубу и откачивается вверх по наружной трубе. С помощью этого устройства геотермальная жидкость остужается и растворимость карбоната кальция повышается достаточно для того, чтобы предотвратить образова-



Установка по производству углекислоты в Хайдаренди, Южная Исландия

ионизации. При выходе на поверхность жидкость из этой скважины образует много накипи из карбоната кальция. Образование накипи предотвращается с помощью теплообменника внутри колодца длиной в 250 м и состоящего из двух коаксиальных стальных труб. Холодная вода закачивается через внутреннюю трубу и откачивается вверх по наружной трубе. С помощью этого устройства геотермальная жидкость остужается и растворимость карбоната кальция повышается достаточно для того, чтобы предотвратить образова-

ние накипи. Предприятие использует примерно бл/сек жидкости и производит 2.000 тонн продукции в год. Продукция используется в теплицах, для производства газированных напитков и в другой пищевой промышленности. Объем продукции достаточен для внутреннего рынка.

- Геотермальная энергия используется в Исландии для сушки рыбы в течение 25 лет. Главным образом она применяется для сушки внутри помещения соленой рыбы, тресковых голов, мелкой рыбы, вяленой рыбы и др. продуктов. До недавнего времени тресковые головы по традиции сушились на воздухе на специальных стойках. Из-за неустойчивых погодных условий в Исландии сушка в помещении предпочтительнее. Там рыба обдувается горячим воздухом для удаления из нее влаги. Сегодня около 20 мелких компаний сушат тресковые головы в помещении, из них 17 используют для этого геотермальную воду, а одна использует геотермальный пар. Ежегодный экспорт сушеных тресковых голов составляет около 15.000 тонн. Продукция отправляется морем в основном в Нигерию, где ее употребляют в пищу. В 2001 году около 2 миллионов тонн геотермальной воды было использовано для сушки рыбы, что соответствует энергии в 550 ТДж.
- Новая растущая отрасль промышленности в Исландии – производство сухого корма для животных с годовым выходом продукции в 500 тонн. Примеры дополнительных видов промышленного использования геотермальной энергии в меньшем масштабе: вулканизация автомобильных шин и первичная обработка (мытьё) шерсти в Хверагерди, производство бетонных блоков в поселке Миватн, выпечка хлеба на пару. Общий объем геотермальной энергии в Исландии, используемой для получения пара для промышленных нужд, оценивается в 1.600 ТДж в год.

4.3.2 Теплицы

Кроме использования геотермальной энергии для отопления жилищ, другим старым и очень важным видом ее утилизации является обогрев теплиц. Многие годы от природы теплая почва использовалась для выращивания картофеля и других овощей. Обогрев теплиц за счет геотермального тепла начался в 1924 году. Большинство исландских тепличных хозяйств находятся на юге и в большинстве своем - под стеклянной крышей. Обычно в качестве грунта используется инертная минеральная среда (вулканические шлаки, риолит), настеленная на бетонный пол, с индивидуальным поливом растений. Растущее использование электрического освещения в последние годы удлиннило вегетационный период и увеличило рентабельность теплиц. Это развитие поддерживается с помощью государственных субсидий на электроэнергию для освещения. В тепличных хозяйствах также распространено обогащение воздуха углекислотой, произведенной на геотермальном заводе в Хайдеренди.



Helga Bardadóttir

Урожай помидоров

Продукция теплиц включает в себя разные виды овощей (помидоры, огурцы, сладкий перец и др.) и цветов для внутреннего рынка (розы, комнатные растения и др.). Общая площадь застекленных теплиц увеличивалась ежегодно на 1,9% с 1990 до 2000 года.

В 2002 году она составила 195.000 кв. метров. Из этой площади 55% используются для выращивания овощей и 45% для выращивания цветов. Ожидается, что общая площадь теплиц уменьшится несмотря на увеличение выпуска продукции. Это объясняется растущей конкуренцией с импортными продуктами и ростом производительности тепличных площадей за счет использования искусственного освещения. Выращиванию овощей в открытом грунте в некоторых районах помогает подогрев почвы геотермальным теплом, особенно ранней весной. Подогрев позволяет обеспечить рынок свежими овощами в более ранние сроки. Подсчитано, что около 105.000 кв. метров открытого грунта подогреваются таким образом. Подогрев почвы не увеличивается в объеме отчасти потому, что похожих результатов обычно можно достичь при меньших затратах, просто покрыв растения пластиковой пленкой. Общий объем геотермальной энергии, используемой в исландских тепличных хозяйствах, оценивается в 940 ТДж в год.

4.3.3 Рыбоводство

В середине восьмидесятых годов прошлого века в Исландии возросло количество рыборазводных хозяйств. В течение некоторого времени здесь действовало более 100 рыборазводных заводов, многие из них совсем небольшие. Новая отрасль столкнулась с трудностями на ранней стадии и почти прекратила существование. Начиная с 1992 года наблюдается постепенный рост производительности этих хозяйств, и в 2002 году 50 рыборазводных заводов произвели 4.000 тонн продукции. Главным видом рыбы является лосось, составляющий около 70% продукции, однако доля арктического гольца и форели также возросла.

Первоначально рыборазводные заводы были в основном на берегу. Геотермальная вода с температурой 20-50°C используется для нагревания пресной воды обычно до 5-12°C в теплообменниках. Этот процесс требует большого расхода как пресной, так и морской воды и значительно удорожает производство. Однако этот способ используется до сих пор, особенно при разведении форели. Потребление электричества уменьшается вдуванием чистого кислорода в воду, что снижает потребность в смене воды. Разведение рыбы в садках-«клетках», установленных в море недалеко от берега,

становится все более распространенным, и этот способ доказал себя более экономичным, чем береговые резервуары для выращивания лосося. Общий объем геотермальной энергии, потребляемой исландскими рыборазводными хозяйствами, оценивается в 1.680 ТДж в год, из них 65% используются для разведения форели. Ожидается, что продукция рыбоводства в Исландии будет увеличиваться в будущем. Это означает увеличение использования геотермального тепла, особенно при выращивании рыб до двухлетнего возраста (форель и лосось).



Broadi R. Hansen

Арктический голец

4.3.4 Плавательные бассейны

Вплоть до начала прошлого века использование геотермальной энергии в Исландии ограничивалось купанием, стиркой и приготовлением пищи. Важность геотермального тепла для этих нужд сохраняется и в наши дни. После отопления помещений и производства электричества подогрев плавательных бассейнов является одним из главных видов использования геотермальной энергии. В Исландии имеется 160 действующих бассейнов, и 130 из них используют термальную воду. Исходя из общей площади бассейнов, можно сказать, что 89% ее подогревается за счет геотермального тепла, 7% за счет электричества и 4% за счет сжигания нефтепродуктов.

Из всех бассейнов, подогреваемых геотермальным теплом, 100 являются общедоступными и 30 находятся в школах или других учреждениях. Общая площадь бассейнов составляет 28.000 кв.

м. Большинство общедоступных бассейнов – открытые, и они работают круглый год и считаются излюбленным местом активного отдыха. В них также проводятся обязательные в исландских школах уроки плавания. Посещение бассейнов очень популярно в Исландии и постоянно растет в последние годы. В 2002 году каждый средний исландец посетил бассейн 15 раз. В районе «большого» Рейкьявика имеется 10 открытых общедоступных бассейнов и три закрытых. Самый большой Лойгардаль-бассейн имеет площадь в 1.500 кв.м и еще пять горячих бочек с водой от 35 до 42°C. Другие виды использования геотермального тепла – это Голубая Лагуна, санаторий в Хверагерди с горячими грязевыми ваннами и водными лечебными процедурами. Самым последним вкладом в дело оздоровления населения можно считать плавательный комплекс Бьярнафлаг, который использует избыточную геотермальную воду из скважин.

Согласно расчетам для подогрева одного квадратного метра поверхности бассейна необходимо 220 кубометров воды или 40.000 МДж теплоэнергии. Это значит, что новый бассейн среднего размера использует столько горячей воды, сколько нужно для отопления 80-100 односемейных жилищ. Общегодовое потребление воды в подогреваемых геотермальным теплом бассейнах Исландии оценивается в 6.500.000 кубометров, что соответствует 1.200 ТДж энергии в год.

4.3.5 Системы снеготаяния

В ограниченном размере геотермальная энергия используется для подогрева тротуаров и снеготаяния в зимнее время. За последние два десятилетия снеготаяние приобрело значительные масштабы. Отработанная вода центрального отопления с температурой около 35°C обычно используется для борьбы с обледенением тротуаров и автостоянок. Большинство таких систем имеют возможность смешивать отработанную воду с горячей водой (80°C), когда



Jónas Erlendsson

Плавательный бассейн в поселке Вик, Исландия



Подогреваемая автостоянка в Рейкьявике



Система снеготаяния

нагрузка на систему увеличивается. В центре Рейкьявика снеготаятельная система была уложена под тротуарами и проезжей частью на площади в 40.000 кв. м. Она рассчитана на использование 180 ватт на кв. метр площади. Общая площадь систем снеготаяния и антиобледенения составляет около 740.000 кв. метров, из которых 550.000 кв. метров приходятся на Рейкьявик. Годовое потребление энергии зависит от погодных условий, а средний уровень оценивается в 430 кВт.ч./м². Общее количество геотермальной энергии, потребляемой для систем снеготаяния, оценивается в 1.150 ТДж в год. Более половины ее обеспечивается отработанной водой из центральных отопительных систем.

4.3.6 Тепловые насосы

До недавнего времени геотермальная энергия была экономически обоснованной только в тех районах, где термальная вода или пар находятся на глубине менее 3 км в ограниченных резервуарах, подобно нефти в разрабатываемых месторождениях. Использование наземных тепловых насосов изменило экономические показатели. Важно подчеркнуть, что тепловые насосы могут быть использованы практически всюду. Значительные колебания цен на нефть, вызванные политическими волнениями в ключевых нефтедобывающих районах, должны стимулировать правительства к тому, чтобы сосредоточить внимание на местных источниках сырья для удовлетворения своих основных энергетических потребностей. Прекращение регулирования рынков электричества и слияние сетей электроснабжения в Европе, имевшие место в недавнем прошлом, вызвали дестабилизацию

потребительских цен на электричество. Это делает наземные тепловые насосы подходящей альтернативой основного источника энергии в странах, где отопление работает в основном на электричестве.

Тепловые насосы не нашли широкого применения в Исландии, так как здесь имеется достаточно дешевой термальной воды для отопления помещений. Однако Центральное отопление Акурейри установило два тепловых насоса мощностью 1,9 МВт в 1980-1984 годах, чтобы использовать остаточное тепло отработанной воды из труб центрального отопления во время проведения разведывательных работ в поисках дополнительных источников геотермальной энергии. Предполагается, что тепловые насосы станут конкурентноспособными в тех областях страны, где нет геотермальной воды с температурой выше 50°C. В таких областях тепловые насосы могут использоваться для повышения температуры теплых источников и использования горячей воды вместо электрического отопления.

5. ОРГАНИЗАЦИИ И КОМПАНИИ

5.1 Национальный Энергетический Комитет.

Национальный Энергетический Комитет (НЭК) является государственным ведомством при Министерствах промышленности и торговли. Его главная обязанность состоит в том, чтобы давать советы правительству Исландии по вопросам энергетики и относящимся к ней темам, содействовать исследованиям в области энергетики и обеспечивать консультативные услуги, связанные с разработкой энергоресурсов и их использованием. Научно-исследовательское оборудование и многосторонние виды исследований НЭК в течение более тридцати лет создали Комитету статус одного из ведущих исследовательских институтов в мире по проблемам геотермальной энергетики. Как уже было сказано в главе 4, НЭК успешно осуществляет государственную политику в отношении поисков и освоения геотермальных ресурсов, дает консультации местным властям, компаниям и отдельным лицам относительно эксплуатации энергоисточников. До 2003 года в НЭК действовали четыре отдельных сектора: Отдел управления энергией (энергоресурсы, статистика и анализ), Программа Университета ООН для обучения специалистов в области геотермальной энергетики, Отдел геологии и Отдел гидрологических услуг. В НЭК было 110 сотрудников, из которых 77% имели высшее образование. В 2003 году в результате изменений в законодательстве Исландии, Отдел геологии отделился от НЭК, и было образовано новое государственное учреждение – Геологическая служба Исландии (Íslenskar Orkurannsóknir – ÍSOR).



Sigurður Sveininn Jónsson

Гейзер Строккур в долине Хойкадалур, Южная Исландия

5.2 Геологическая служба Исландии

Геологическая служба Исландии представляет собой исследовательское учреждение, предоставляющее специализированные услуги исландской энергетической промышленности, исландскому правительству и иностранным компаниям по вопросам геотермики и ее использования. Штат насчитывает около 50 сотрудников, большинство из которых имеют университетские степени и различный опыт в геотермальных исследованиях. Для осуществления геотермальных исследований и эксплуатации ресурсов необходимы знания в таких областях, как геология, геофизика, геохимия, физика гидротермальных резервуаров и инженерия. Геологическая служба Исландии – это самофинансируемое некоммерческое учреждение, которое действует на свободном рынке как частная компания. Она не получает прямых денежных поступлений от государства, а существует за счет исполнения проектов и отдельных контрактов. Годовой оборот составляет примерно 6 миллионов долларов. Ожидается, что 20% годового оборота Геологической службы обеспечат государственные подряды, а остаток покроют контракты с различными энергокомпаниями, коммунальными предприятиями и муниципалитетами. Каждое геотермальное поле имеет свои особенности, и разведывательные методы и способы их применения нужно приспособлять к условиям на отдельных площадках для получения оптимальной информации. Специалисты Геологической службы обычно работают комплексными бригадами, обеспечивающими все необходимые знания для проведения эффективных исследований. Виды специализации следующие: компьютеризированное ГИС-картографирование, геологическое картографирование, гидрология, геология бурения, геофизические исследования, геология моря, геохимия, коррозия и отложение осадков, экология и мониторинг, устройство скважин, каротаж, испытание скважин и стимуляция, повторное закачивание жидкости, моделирование резервуара, управление ресурсами, буровая техника и использование геотермальных ресурсов. Геологическая служба выбирает разведочные и эксплуатационные скважины и оценивает их геотермальные параметры и потенциальную производительность. Результаты исследований собираются в концептуальную модель резервуара для определения потенциальной производительности месторождения. Геологическая служба имеет контракты по обслуживанию с производителями электроэнергии, с местными системами центрального отопления по всей стране. Обслуживание предполагает мониторинг геотермальных резервуаров и химического состава геотермальной жидкости. Служба также дает консультации строителям относительно запасов холодной воды и удаления сточных вод. В распоряжении компании имеется специализированное оборудование для исследований, лаборатории и компьютерные программы, предназначенные для обработки и интерпретации разного вида данных. Сотрудники принимают активное участие в международных геотермальных семинарах и конференциях, организуют учебную практику и лекции для специальных семинаров и для программы Университета ООН по подготовке специалистов в области геотермальной энергетики. Геологическая служба Исландии имеет 50-летний опыт геотермальных исследований, обслуживания объектов и консалтинговой деятельности во многих зарубежных странах. Сюда относятся Кения, Уганда, Бурунди, Эфиопия, Джибути, Россия, Польша, Словакия, Венгрия, Румыния, Грузия, Германия, Португалия, Гваделупа, Греция, Турция, США, Индонезия, Филиппины, Эль Сальвадор, Коста-Рика, Никарагуа и Китай.

5.3 Программа Университета ООН по подготовке специалистов в области геотермальной энергетики

Программа Университета ООН по подготовке специалистов в области геотермальной энергетики начала осуществляться в Исландии в 1978 году, когда Национальный Энергетический Комитет (НЭК) стал одним из учреждений в рамках ООН. Начиная с 1979 года, группа ученых и инженеров из развивающихся стран приезжает в Исландию каждой весной для того, чтобы в течение шести месяцев заниматься по строгоспециализированной программе, вести исследования и пройти практику в области геотермики и инженерных знаний. Все они окончили университет, имеют практический опыт работы в области геотермальной энергетики и являются сотрудниками энергокомпаний, исследовательских организаций или университетов в своих странах.

Участники программы Университета ООН (УООН) имеют неограниченный доступ к исследовательскому оборудованию и многосторонним исследованиям НЭК и Геологической службы Исландии. К их услугам прекрасная библиотека, специализированная на материалах по энергетическим исследованиям и разработкам (особенно в области гидро- и геотермальной энергии) и насчитывающая 12.000 названий, и 140 подписных изданий. Большая часть занятий и руководство исследованиями по программе находятся в руках специалистов по геотермике из Отдела геологии НЭК. Этот отдел вышел из состава НЭК в 2003 году и стал новым государственным учреждением, которое называется Геологическая служба Исландии. Связь участников программы УООН с его специалистами и исследованиями будет такой же, как и в предшествующие годы. Программа УООН осуществляется в тесном сотрудничестве с Университетом Исландии. Сотрудники факультета естественных наук и инженерного факультета являются ведущими преподавателями и научными руководителями участников программы. В мае 2000 года было подписано соглашение о сотрудничестве между Программой УООН и Университетом Исландии о получении степени магистра естественных наук в области геотермики и инженерии. Этот проект предназначен для тех, кто закончил традиционные шестимесячные курсы по программе УООН, составляющие 25 % полного курса для получения степени магистра.

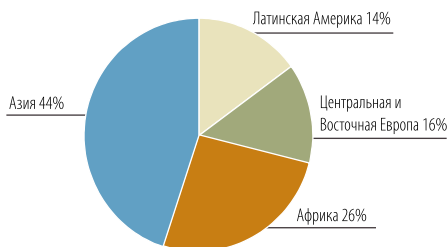
Программа УООН предлагает практику по геологической разведке, по геологии бурения, геофизических поисков, по геофизике скважин, разработке резервуаров, по химии термальных жидкостей, практику в области экологических исследований, использования геотермальных ресурсов, технологии бурения. Цель состоит в том, чтобы помочь развивающимся странам и странам Центральной и Восточной Европы со значитель-



Ingvar Birgir Friðleifsson

Стажеры Университета ООН на учебно-полевой практике

Рис. 10 **Распределение стажеров УООН по континентам, 1979-2005 г.г.**



ным геотермальным потенциалом подготовить группы специалистов со знаниями в области геотермальных исследований и их устойчивого освоения. Все стажеры отбираются у себя на родине после индивидуальных интервью с представителями программы Университета ООН, когда они посещают разные страны для ознакомления с геотермальными ресурсами, исследовательскими институтами и энергетическими объектами на местах. Участники программы УООН выбираются для приобретения знаний в тех областях, которые считаются наиболее важными для развития геотермальной энергетики в их странах. Они работают бок о бок с исландскими специалистами по

геотермике. Практическая подготовка определяется индивидуально для каждого стажера в зависимости от потребностей его института или страны. Абитуриенты должны иметь университетское образование в области естественных наук или инженеринга, по крайней мере один год опыта практической работы в геотермальном секторе экономики, свободно говорить по-английски, иметь постоянную работу в государственной энергокомпании/на производстве, в исследовательском институте или университете и быть не старше 40 лет.

Стажеры из развивающихся стран и из большинства стран Центральной и Восточной Европы (не члены ЕС) обычно получают стипендии, финансируемые Исландией и ООН, которые покрывают дорожные расходы, плату за обучение и суточные на время пребывания в Исландии. Таким образом, им не требуются дополнительные расходы на участие в программе.

За период с 1979 по 2005 год 338 научных работников и инженеров из 39 стран прошли шестимесячную специализированную программу обучения. Из них 44% были из Азии, 26% из Африки, 16% из Латинской Америки, 14% из стран Центральной и Восточной Европы. Больше всего стажеров было из Китая (62), Кении (37), Филиппин (29), Эфиопии (23), Эль Сальвадора (22), Индонезии (17), Польши (14), Ирана (14) и Коста-Рики (11). Среди стажеров было 53 женщины (16%). Восемь участников получили степень магистра (Рис. 10 и 11).

Во многих странах выпускники Университета ООН являются ведущими специалистами по геотермальным исследованиям и разработкам. Они также активно заявляют о себе и на международной арене, о чем свидетельствуют Международные геотермальные конгрессы в Японии в 2000 году и в Турции в 2005 году. В Турции авторами или соавторами 20% из 705 представленных докладов были 104 бывших стажера УООН из 26 развивающихся стран и из стран на переходном этапе развития. Иными словами, одна треть из 318 участников программы университета ООН в 1979-2004 годах активно участвовали в работе Конгресса.

В ближайшие несколько лет планируется значительное расширение деятельности по программе Университета ООН. Основная деятельность – специальная шестимесячная программа – будет продолжена, но будут добавлены краткосрочные курсы, сначала в Африке и позже в Латинской Америке и Азии. Ожидается, что ежегодно в шестимесячной программе УООН

будут участвовать 20 стажеров и что программа для получения степени магистра будет расширена и станет принимать до пяти бывших стажеров в год для изучения геотермики и инженерного дела в сотрудничестве с Университетом Исландии.

Исландия обеспечила основное финансирование программы Университета ООН для расширения поля своей деятельности за счет краткосрочных курсов, посвященных освоению геотермальных ресурсов, в отдельных странах Африки, Центральной Америки и Азии. О них было объявлено на Международной конференции по возобновляемой энергетике, проходившей в Бонне (Германия) 1-4 июня 2004 года. Эти краткосрочные курсы будут организованы в сотрудничестве с энергокомпаниями и научными учреждениями, отвечающими за разведку месторождений, их освоение и эксплуатацию геотермальных электростанций и предприятий в соответствующих странах. Преподавателями на этих курсах в основном будут бывшие стажеры программы УООН из этих стран, а также штатные преподаватели университета ООН. В будущем эти курсы могут стать постоянными местными центрами подготовки специалистов в области геотермики. Первые ежегодные краткосрочные курсы в Африке были проведены в Кении в 2005 году. Первые региональные курсы в Центральной Америке состоятся в Коста-Рике в 2006 году, а в Азии они планируются на 2007 год.

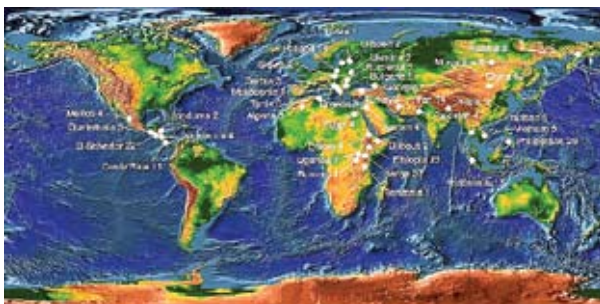
5.4 Содействие международному развитию

Исландское правительство решило в апреле 2004 года, что размер вклада в дело содействия международному развитию в пропорции к валовому национальному продукту (ВНП) должен быть увеличен с 0,19% до 0,35% к 2009 году. Достижение этого показателя будет означать, что в течение десяти лет размер вклада для оказания помощи международному развитию увеличится в четыре раза.

Устойчивое развитие является одним из основных принципов участия Исландии в деле международного развития. Исходя из этого принципа, Исландия будет сосредотачивать свое внимание на таком развитии, подчеркивать разумное использование природных ресурсов, особенно в отношении энергии. Усиленное внимание будет уделено геотермальной энергии и сотрудничеству со странами с неиспользуемыми геотермальными ресурсами с целью оказания им реальной помощи в освоении возобновляемых энергоресурсов.

Исландское Агентство международного развития является независимой организацией при Министерстве иностранных дел Исландии. Его роль, согласно законодательству, состоит в том, чтобы осуществлять руководство в оказании помощи развивающимся странам, которую предлагает Ис-

Рис. 11 Страны, чьи граждане закончили шестимесячную программу обучения в Университете ООН в Исландии в 1979-2005 г.г.





Установка Гейзир для геотермального бурения. Исландская буровая компания

ландия. В настоящее время Агентство сотрудничает в этом с шестью странами: Малави, Мозамбиком, Намибией, Угандой, Шри-Ланкой и Никарагуа. В Уганде Агентство оказало поддержку годовому геотермальному проекту, работа над которым была начата в начале 2004 года. Проект состоял в том, чтобы завершить физические и геологические исследования, проводимые Министерством энергетики и минералогии и определить возможность освоения трех геотермальных

зон на западе Уганды. Результаты исследования оказались обнадеживающими, и поэтому стране предполагается оказать дальнейшую помощь. В Никарагуа Агентство начало подготовку геотермальных проектов в сотрудничестве с организациями в Исландии, занимающимися проблемами геотермики, а именно: Национальным Энергетическим Комитетом, Геологической службой Исландии, Программой Университета ООН по подготовки специалистов в области геотермальной энергетики и Министерством промышленности.

Агентство также принимало участие в подготовке совместного проекта шести стран на северо-западе Африки. Этот проект осуществляется в сотрудничестве с Экологической программой ООН, Банком КфВ в Германии и Международным экологическим фондом, а также с другими финансирующими организациями, имеющими отношение к исследованиям и использованию геотермальной энергии в северной части Восточно-Африканского разлома (ARGeo).

5.5 Энекс

Компания Энекс была создана для координации усилий, предпринимаемых акционерными компаниями и организациями, по экспорту знаний и опыта в области геотермальной и водной энергетики более активно и организованно, чем раньше. Цели, определенные в ее уставе, состоят в следующем:

- Разрабатывать проекты прямого и комплексного использования геотермальных ресурсов для производства электричества, а также разрабатывать проекты гидроэлектростанций.
- Участвовать на коммерческой основе в проектировании, строительстве и последующей эксплуатации геотермальных сооружений в качестве партнера совместного предприятия или совладельца/управляющего.
- Предлагать на коммерческой основе консалтинговые услуги по гидрологии, геологии, включающие разведку и освоение геотермальных ресурсов, гидрологические работы и седиментационные исследования, финансирование проектов, обучение персонала, продажу и/или прокат оборудования, специально разработанного и испытанного в Исландии.
- Активно пропагандировать водную и геотермальную энергию как устойчивые и чистые виды энергии, посещая разные страны, организуя выставки и обучающие семинары.

Акционерами Энекс являются восемь исландских компаний и организаций, которые совместно имеют несколько десятилетий опыта в освоении геотермальной и водной энергии, приобретенного в самых разных условиях и на разного рода проектах. Акции Энекс держат Энергокомпания Рейкьявика, Теплоснабжение района Судурнес, Исландская буровая компания, Национальная энергетическая компания, Венчурный фонд для новых компаний, Геологическая служба Исландии, Компания города Акурейри по водо- и электроснабжению, Инженерная группа Виркир. Сотрудники этих компаний были пионерами в области всестороннего и комплексного использования геотермальной энергии как у себя на родине, так и за рубежом. Энекс предлагает новые решения, применимые к геотермальным ресурсам разных видов и свойств, а также к водным энергоресурсам в регионах с трудными погодными условиями и суровой природой. Энекс имеет филиалы в США, Германии и Китае. В течение 35 лет деятельности компания Энекс приняла участие в многочисленных геотермальных проектах по всему миру. Несколько из недавних проектов и заказчиков:

- Венгрия (MOL, Венгерская нефте-газовая компания), оценка потенциальной продуктивности скважин для производства электричества.
- Словакия, Галанта (NEFCO), замена отопления на буром угле геотермальным отоплением.
- Венгрия (ALTENER II – EU), оценка осуществимости проекта небольших геотермальных электростанций.
- Польша, Закопане (Мировой Банк), реконструкция геотермальной электростанции.
- Китай, Пекин – концептуальный проект геотермальной отопительной системы и моделирование резервуара.
- Венгрия, Будапешт (Fötav), замена отопления на ископаемом топливе геотермальным отоплением.
- Китай, Танггу (NIB & NDF), отладка и расширение существующей геотермальной отопительной системы.
- Китай, Тенчонг, Юнань – оценка потенциала резервуара и осуществимости проекта геотермальной электростанции.

5.6 Экспорт технологий (ноу-хау)

Снижение выброса парниковых газов в атмосферу - моральный долг всех наций. Рост использования возобновляемой энергии мог бы сыграть в этом ключевую роль. Исландия является мировым лидером в отношении доли возобновляемых энергоресурсов. Она готова поделиться своим опытом с другими странами, как показывают примеры ее помощи в этой области. Кроме того, несколько исландских компаний экспортируют ноу-хау и свой опыт.

Адреса инженеринговых и консалтинговых компаний, а также энергокомпаний приводятся в конце брошюры.

6. Для справок

6.1 Публикации

Arnorsson, S.: Geothermal Systems in Iceland: Structure and Conceptual Models – I. High – Temperature Areas. *Geothermics*, 24, 561 – 602, 1995.

Arnorsson, S.: Geothermal Systems in Iceland: Structure and Conceptual Models – II. Low – Temperature Areas. *Geothermics*, 24, 603 – 629, 1995.

Axelsson, G., Björnsson, G., Egilson, Th., Flovenz, O.G., Gautason, B., Hauksdottir, S., Olafsson, M., Smarason, O.B., and Saemundsson, K.: Nature and Properties of Recently Discovered Hidden Low-Temperature Geothermal Reservoirs in Iceland. *Proceedings, World Geothermal Congress 2005, Antalya, Turkey, 24 – 29 April 2005.* (www.os/wgc2005).

Elders, W.A. and Fridleifsson, G.O.: The Iceland Deep Drilling Project – Scientific Opportunities. *Proceedings, World Geothermal Congress 2005, Antalya, Turkey, 24 – 29 April 2005.* (www.os/wgc2005).

Fridleifsson, G.O., Elders W.A., Thorhallsson, S., and Albertsson, A.: The Iceland Deep Drilling Project – A Search for Unconventional (Supercritical) Geothermal Resources. (www.os/wgc2005).

Fridleifsson, I.B.: Twenty Five Years of Geothermal Training in Iceland. *Proceedings, World Geothermal Congress 2005, Antalya, Turkey, 24 – 29 April 2005.* (www.os/wgc2005).

Fridleifsson, I.B.: Geothermal Energy amongst the World's Energy Sources. *Proceedings, WorldGeothermal Congress 2005, Antalya, Turkey, 24 – 29 April 2005.* (www.os/wgc2005).

Palmason, G.: Jarðhitabók. Edli og nýting jarðhita. Hid íslenska bókmenntafélag, Reykjavík, 2005, 298 pp.

Ragnarsson, A.: Geothermal Heat Replaces Oil in Space Heating – Savings for the National Economy and Reduced Pollution (In Icelandic). Í ljósi vísindanna: Saga hagnýtra rannsókna á Íslandi. Ritróð VFI, 3, p. 209 - 216. Verkfræðingafélag Íslands, Reykjavík 2005.

Ragnarsson, A.: Geothermal Development in Iceland 2000 – 2004. *Proceedings, World Geothermal Congress 2005, Antalya, Turkey, 24 – 29 April 2005.* (www.os/wgc2005).

Stefansson, V., and Axelsson, G.: Sustainable Utilization of Geothermal Resources through Stepwise Development. *Proceedings World Geothermal Congress 2005 Antalya, Turkey, 24-29 April 2005.* (www.os/wgc2005).

6.2 Электронные страницы

Министерства промышленности и торговли: www.ivr.is

Национальный Энергетический Комитет: www.os.is

Программа Университета ООН по подготовке специалистов в области геотермальной энергетики:
www.os.is/unugtp

Инжиниринговые и консалтинговые компании:

Icelandic GeoSurvey (Геологическая служба Исландии) : www.isor.is

Enex (Энекс): www.enex.is

Linuhönnun: www.lh.is

Rafhönnun: www.rafhonnun.is

Rafteikning: www.rafteikning.is

Hönnun: www.honnun.is

Afl: www.afl.is

Hnit: www.hnit.is

Fjarhitun: www.fjarhitun.is

VGK: www.vgk.is

VSO-radgjof: www.vso.is

Iceland Drilling (Исландская буровая компания) : www.jardboranir.is

Энергетические компании:

Hitaveita Suðurnesja (Теплоснабжение района Судурнес): www.hs.is

Husavik Energy: www.oh.is

Iceland State Electricity (Государственная электрокомпания): www.rarik.is

Landsvirkjun (Национальная энергокомпания): www.lv.is

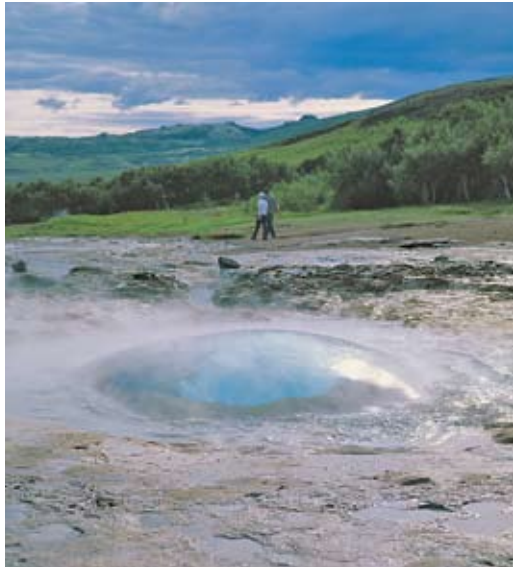
Norðurorka: www.nordurorka.is

Reykjavik Energy (Энергокомпания Рейкьявика): www.or.is

Westfjord Power Company: www.ov.is

6.3 Список иллюстраций

	Стр.
Рис. 1. Потребление электричества в 2004 году	6
Рис. 2. Вулканические зоны и геотермальные поля в Исландии.	10
Рис. 3. Использование геотермальной энергии в Исландии по отраслям хозяйства в 2005г.	13
Рис. 4. Относительная доля энергетических ресурсов, используемых для отопления жилищ.	16
Рис. 5. Стоимость горячей воды по сравнению с нефтью	16
Рис. 6. Сравнение цен на энергоносители для отопления жилья в сентябре 2005 года	17
Рис. 7. Производство электричества за счет геотермальных ресурсов, 1970-2008 г.г.	20
Рис. 8. Общая глубина геотермальных скважин, пробуренных ежегодно в Исландии в 1970-2004 г.г.	22
Рис. 9. Концептуальная модель глубокого залегания геотермального Месторождения	23
Рис.10. Распределение стажеров УООН по континентам, 1979-2005 г.г.	32
Рис.11. Страны, чьи граждане закончили шестимесячную программу обучения в Университете ООН в Исландии в 1979-2005 г.г.	33
Таб. 1. Энергокомпания Рейкьявика – центральное отопление в 2004 г.	19



MINISTRIES OF
INDUSTRY AND COMMERCE

МИНИСТЕРСТВА ПРОМЫШЛЕННОСТИ И ТОРГОВЛИ



ORKUSTOFNUN

National Energy Authority

НАЦИОНАЛЬНЫЙ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЙ КОМИТЕТ

Июнь 2007