

В.И. Кононов, Б.Г. Поляк, М.Д. Хуторской
Геологический институт Российской Академии наук, Москва

ГИДРОГЕОТЕРМАЛЬНЫЕ РЕСУРСЫ РОССИИ

Состоявшийся в 2000 году в Японии Всемирный Геотермальный Конгресс пришел к выводу, что использование тепла Земли станет одним из магистральных направлений в энергетике третьего тысячелетия. Предполагается, что к концу XXI века доля геотермальных ресурсов в энергобалансе мировой экономики возрастет по крайней мере до 30 %, а по самым оптимистичным прогнозам даже до 80 % (Huttrer, 2000; Lund and Freeston, 2000).

Как известно, глубинное тепло постоянно выносится из недр двумя механизмами: кондуктивным теплотокотом (благодаря теплопроводности пород) и конвективным выносом тепла вулканической и гидротермальной деятельностью.

Плотность кондуктивного теплового потока (q) в разных местах Земли неодинакова (Поляк, Смирнов, 1968 и др.). Между ее значениями и возрастом тектонических структур установлена закономерная связь: эти значения увеличиваются по мере уменьшения возраста тектономагматической активности в земной коре (Рис. 1). В самых древних (архейских и протерозойских) континентальных структурах типа Балтийского щита q составляет в среднем 45 мВт/м², в палеозойских структурах, вроде Западно-Сибирской плиты – 55, в мезозойских – 70, а в областях кайнозойской складчатости и современного вулканизма, к которым относится Курило-Камчатский регион, q достигает 90 мВт/м².

Общие кондуктивные теплототери Земли сегодня оце-

ниваются величинами от 25 до 32 ГВт. Эти выводы опираются на материалы обширных региональных исследований, особенно интенсивно проводимых в нашей стране. Их результатами стало множество разнообразных геотермических карт (Карта теплового..., 1980; Карта глубинных..., 1980 и др.). Собранный при этом обширный банк данных о глубинных температурах позволяет составлять для отдельных регионов не только традиционные двухмерные, но и термотомографические трёхмерные геотермические модели (Хуторской и др., 2003) (Рис. 2).

Сегодня в России геотермические исследования проводятся в разных городах 53 научными учреждениями и высшими учебными заведениями, принадлежащими к различным ведомствам: Академии наук, Министерством

Месторождения	Температура, °С		Естественные	
	измер.	прогноз.	дебит, л/с	вынос тепла, МВт _г
Чаплинские	88	> 110	46	17
Кивакские	43	> 86	10	1.8
Сенявинские	80	> 110		
Аракамченские	38	> 85	< 6	< 1
Кукуньские (Лоринские)	58	> 116	65	16
Дежневские	60	> 69	5.1	1.3
Мечигменские	97	> 144	63	24
Туманные	L56	> 133	6.4	1.5
Безымянные	21	> 69	< 10	<< 1

Табл. 1. Ресурсы гидротерм Восточной Чукотки.

(Продолжение статьи М.Д. Хуторского и др.)

Зорин Ю.А., Осокина С.В. Модель нестационарного температурного поля земной коры Байкальской рифтовой зоны. Изв. АН СССР. Физика Земли, №7. 1981. 17-25.

Карслоу Г., Егер Д. Теплопроводность твердых тел. М.: Мир. 1964.
Ковнер С.С. К теории термической разведки. Докл. АН СССР. 1941. т.32. №6. 398-400.

Ковнер С.С. Расчет величины термической аномалии антиклина. Докл. АН СССР. 1947. т.56. №5. 473-476.

Любимова Е.А., Никитина В.Н., Томара Г.А. Тепловые поля внутренних и окраинных морей СССР. М.: Наука. 1976. 224.

Методические и экспериментальные основы геотермии. 1983. Милановский Е.Е. Рифтовые зоны континентов. Недр. 1976.

Милановский С.Ю., Кременецкий А.А., Овчинников Л.Н. Геотермические исследования и модель теплогенерации континентальной коры на северо-восточной части Балтийского щита. Геохимия глубинных пород. М.: Наука. 1986. 131-149.

Неволин Н.В., Ковылин В.М. и др. Геолого-геофизическое моделирование нефтегазоносных территорий. М.: Недр. 1993.

Николаев А.В. Проблемы геотомографии. М.: Наука. 1997. 4-38.
Осадочный чехол дна Мирового океана и суши (по данным сейсморазведки). М.: Наука. 1984. Тр. ГИН АН СССР. вып. 388.

Подгорных Л.В., Хуторской М.Д., Грамберг И.С., Леонов Ю.Г. Трёхмерная геотермическая модель Карского шельфа и прогноз нефтегазоносности. Докл. РАН. т.380. №2. 2001. 333-338.

Подгорных Л.В., Хуторской М.Д. Термическая эволюция литосферы зоны сочленения Балтийского щита и Баренцевоморской плиты. Изв. РАН. Физика Земли, №3. 1998. 56-65.

Поселов В.А., Павленкин А.Д., Буценко В.В. Структура литосферы по геотраверсам ГСЗ в Арктике. Геолого-геофизические характеристики литосферы Арктического региона. С-Пб. ВНИИОкеангеологии. вып.1. ч.2. 1996. 145-155.

Пушаровский Ю.М. Нелинейная геодинамика: Кредо автора. Геотектоника. 1993. №1. 3-6.

Сейсмические модели литосферы основных геоструктур территории СССР. М.: Наука. 1980.

Смыслов А.А., Моисеенко У.И., Чадович Т.И. Тепловой режим и радиоактивность Земли. Л.: Недр. 1979.

Тараканов Ю.А. Гравитационная томография. Проблемы геотомографии. М.: Наука. 1997. 236-265.

Устрицкий В.И., Храмов А.Н. Геологическая история Арктики с позиций тектоники литосферных плит. Моря Советской Арктики. Л.: Недр. 1984. 253-265.

Хуторской М.Д. Особенности теплового потока в восточной части Прикаспийской впадины. Геотектоника, №3. 1979. 97-102.

Хуторской М.Д. Геотермия Центрально-Азиатского складчатого пояса. М.: Изд-во РУДН. 1996.

Хуторской М.Д., Поляк Б.Г. Искажения теплового поля при росте соляных куполов. Тепловое поле Земли и методы его изучения. М.: Изд-во РУДН. 2000. 24-32.

Цыбуля Л.А., Левашкевич В.Г. Тепловое поле Баренцевоморского региона. Апатиты. 1992. 114.

Щапов В.А., Юрков А.К., Демежко Д.В., Николаев В.В. Геотермические исследования Уральской сверхглубокой скважины. Тепловое поле Земли и методы его изучения. М.: Изд-во РУДН. 1997. 195-198.

Щапов В.А. Структура теплового поля Урала. Тепловое поле Земли и методы его изучения. М.: Изд-во РУДН. 2000. 117-122.

Эринчик Ю.М., Мильштейн Е.Д. Рифогенез центральной части Восточно-Европейской платформы. С-Пб.: ВСЕГЕИ. 1995.

Crough S.T., Thompson G.A. Numerical and approximate solution for lithospheric thickening and thinning. Earth & Planet. Sci. Lett. 1976. v.31. 397-402.

Dziewonski A.M. Mapping the lower mantle: Determination of lateral heterogeneity in P-velocity up to degree and order 6. J. Geophys. Res. 1984. vol. 89. 5929-5952.

Dziewonski A.M., Anderson D.L. Seismic tomography of the Earth's interior. Amer. Sci. 1984. vol. 72. N.5. 483-494.

Fairhead J.D. The structure of the lithosphere beneath the Eastern rift, East Africa, deduced from gravity studies. Tectonophysics. 1976. v. 30. 269-298.

Kukkonen I.T., Golovanova I.V., Khachay Yu.V., Druzhinin V.S., Kosarev A.M., Schapov V.A. Low Geothermal heat flow of the Urals fold belt - implication of low heat production, fluid circulation or palaeoclimate? Tectonophysics. v.276. 1997. 63-85.

Seismic tomography: Theory and practice. L. 1993. 519-584.

№№ на карте	Место-рождения	Вынос тепла (МВт _г)	Температура (°С)		Объем резервуара, (км ³)	Тепловая энергия резервуара, (10 ¹⁸ Дж)	Степень Освоения
			источников (измер.)	резервуара (оценка)			
12	Тымлатское	5,0	47,5	115	3,7 ± 1,1	1,15 ± 0,34	
13	Паланское	7,5	95,0	105	9,7 ± 2,9	2,75 ± 0,8	
14	Русаковское	57,8	76,5	90	15,0 ± 4,5	3,64 ± 1,1	
15	Анавгайское	7,4	52,0	115	2,2 ± 0,7	0,68 ± 0,2	Разбурено
16	Эссовское	4,4	65,0	104	4,5 ± 1,3	1,26 ± 0,38	Теплоснабжение, обогрев теплиц
17	Пушинское	1,5	46,0	110	3,7 ± 1,1	1,1 ± 0,33	Разбурено
18	Налычевское	9,4	75,0	143*	16,5 ± 4,9	6,37 ± 1,9	
19	Малкинское	9,4	83,0	128*	3,7 ± 1,1	1,28 ± 0,33	Разбурено
20	Пиначевское	0,8	12,5	53,5 (изм) 95 (оц)	2,2 ± 0,7	0,56 ± 0,17	Разбурено
21	Начикинское	4,2	81,0	106*	2,2 ± 0,7	0,63 ± 0,19	Разбурено
22	Ю.-Бережное	0,2	20,0	90	3,0 ± 0,9	0,73 ± 0,22	Разбурено
23	Паратунское	8,2	81,5	110	15,0 ± 4,5	4,46 ± 1,34	Теплоснабжение, обогрев теплиц и бассейнов
24	Верхне-Паратунское	20,6	70,5	110	13,5 ± 4,0	4,01 ± 1,2	Разбурено

Табл. 2. Низкотемпературные гидротермальные ресурсы Камчатки (Sugrobov, 1995).

образования, природных ресурсов, топлива и энергетики.

Изучение геотермического поля свидетельствует о наличии в Земле мощного возобновляемого источника энергии, ресурсы которого можно считать неисчерпаемыми. Эти геотермальные ресурсы подразделяются на гидротермальные и петротермальные, т.е. на тепло, аккумулированное соответственно в подземных водах и в горных породах.

Работы по созданию схем использования петротермальных ресурсов велись в США, Англии, Германии, Японии, Франции и России. Но пока их освоение еще не вышло из стадии эксперимента, а использование гидрогеотермальных ресурсов – парогидротерм и термальных вод – давно приняло в мире промышленные масштабы. Такие проекты реализованы более чем в 60 странах мира, в частности, в США, Китае, Японии, Италии, Франции, Венгрии, Исландии, Мексике, Новой Зеландии, на Филиппинах (Huttrer, 2000; Lund & Freeston, 2000).

Термальные флюиды различаются по тепловому потенциалу. Самые высокотемпературные гидротермальные системы сосредоточены в зонах высокого теплового потока, т.е. в тектонически мобильных поясах земной коры, где обычно проявляется и вулканическая активность. На рис. 3 они оконтурены красными линиями. В этих районах бурением вскрыто более 100 гидротермальных систем, в которых на глубинах 1-2 км температура флюида не менее 180 °С, а в некоторых случаях превышает 300 °С. Фазовое состояние флюида в таких резервуарах зависит от соотношения его теплового и водного питания.

№ п/п	Место-рождения	Вынос тепла (МВт _г)	Состояние теплоносителя на поверхности	T _{ср} , °С резервуара (макс. в скв.)	Объем резервуара, км ³	Тепловая энергия в резервуаре, 10 ¹⁸ Дж	Прогнозная максимальная электр. мощность, МВт _г
1	Кошелеевское	314		220	37,5 ± 11,2	22,27 ± 6,7	215 ± 64
1а	Нижнее-Кошелеевское	104		220(240)	17,5 ± 5,2	10,4 ± 3,11	100 ± 30
2	Паужетское	104	Насыщ. пар и вода	200(220)	45 ± 13,5	25,8 ± 7,73	186 ± 56
3	Ходуткинское	122	Вода 88 °С	200	30 ± 9	16,2 ± 4,8	117 ± 35
4	Мутновское	546		220	80 ± 24	47,5 ± 14,2	460 ± 138
4а	Северо-Мутновское	129		220(301)	30 ± 9	17,82 ± 5,3	172 ± 52
5	Больше-Банное	79		200(171)	15 ± 4,5	8,1 ± 2,43	58 ± 17
6	Карымское	146		200	37,5 ± 11,2	20,25 ± 6,1	146 ± 44
10	Апальское	17		200			
11	Киреунское	24,5		200	17,5 ± 5,2	9,45 ± 2,83	68 ± 20

Табл. 3. Высокотемпературные гидротермальные ресурсы Камчатки (Sugrobov, 1995).

В сильно нагретых породах с низкой проницаемостью и малым поступлением инфильтрационных вод преобладает сухой пар. Примерами таких *vapor-dominated* систем служат Ла Примавера и Лос Азуфрес в Мексике, Ларделло и Монте-Амиата в Италии, гейзеры Сонома в США, Мацукава в Японии. К ним частично относится и наше Мутновское месторождение на Камчатке. В таких резервуарах температура флюида обычно выше 240 °С, а энтальпия составляет 2300-2780 кДж/кг. На устьях же скважин, пробуренных в таких системах, энтальпия пароводяной смеси на выходе обычно 1000-1700 кДж/кг при давлении менее 1 МПа. Средняя производительность скважин колеблется от 75 до 460 т/ч., а общий расход пара на некоторых месторождениях достигает 8000 т/ч.

В системах, заключённых в более проницаемых коллекторах, преобладает вода, вскипающая при естественной разгрузке только на поверхности, а при вскрытии бурением – в скважинах, когда до 25% жидкости переходит в насыщенный пар. Такие *water-dominated* системы известны в Исландии, Новой Зеландии, Японии и нашем Курило-Камчатском регионе – например, знаменитая Долина Гейзеров в Кроноцком заповеднике (Рис. 4), месторождение Горячий пляж на острове Кунашир (Рис. 5) и т.п. В таких гидротермальных системах температура на глубине 1 – 2 км колеблется от 180 °С до критической.

Гидротермальные ресурсы нашей страны исследовались давно. Еще в 1983 г. был составлен “Атлас ресурсов термальных вод СССР”, содержащий 17 карт, в том числе “Карту термальных вод СССР” и “Карту потенциальных запасов термальных вод СССР” (обе в масштабе 1:10 млн.), а также более детальные карты эксплуатационных запасов термальных вод основных водоносных комплексов в наиболее перспективных районах (Атлас..., 1983; Маврицкий и др., 1983).

Эти районы охватывают практически всю область современного вулканизма на Камчатке и Курильских островах, встречаются в зонах молодой складчатости и новейшего рифтогенеза (на Кавказе, в Охотско-Чукотском вулканическом поясе, Байкальском рифте), а местами и на эппалеозойских Скифской и Западно-Сибирской плитах (Рис. 6).

По условиям теплового питания термальные воды делятся на две группы: 1) нагревающиеся в региональном тепловом поле и 2) формирующиеся в аномальных гео-

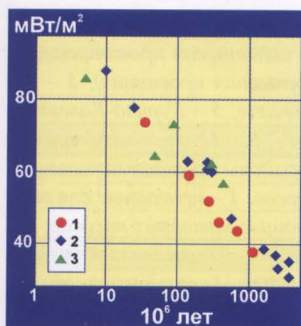


Рис. 1. Связь плотности теплового потока из недр Земли с возрастом тектоно-магматической активности в континентальной коре. 1 – согласно Б.Г. Поляку и Я.Б. Смирнову (1968), 2 – по данным Р.И. Кутаса и др. (1976), 3 – по данным В. Чермака (Сermak, 1976).

термических условиях под воздействием магматических (вулканических) процессов. К первым относятся преимущественно пластовые подземные воды крупных артезианских бассейнов и межгорных впадин, ко вторым – порово-пластовые, трещинно-пластовые и трещинно-жильные гидротермальные системы вулкано-тектонических депрессий (кальдер, грабен), вулканических склонов и отдельных зон трещиноватости в вулканических массивах.

В зависимости от температуры, давления и состава термальных флюидов применяются различные технологические схемы их использования. Выработка электроэнергии осуществляется одноконтурными ГеоЭС, использующими флюиды с T свыше 180°C . Бинарные станции могут употреблять для этой цели воды с меньшей температурой. Однако в нашей стране такие низкопотенциальные гидротермальные ресурсы применяются, главным образом, для так называемого “прямого” использования аккумулированного в них тепла, а

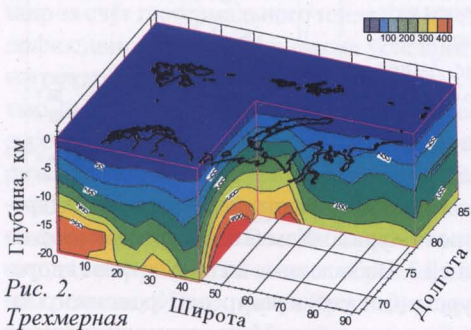


Рис. 2. Трехмерная модель распределения температур в Западно-Арктическом регионе.

именно (в зависимости от T), для теплоснабжения жилых и промышленных помещений, теплично-парниковых хозяйств, в животноводстве, разведении рыб, для сушки зерна, чая, водорослей, в неко-

торых производствах (например, для мойки шерсти, изготовления бумаги), извлечения химических компонентов, повышения нефтеотдачи пластов и, наконец, в бальнеологии – для ванн и бассейнов.

К настоящему времени в России разведано 66 месторождений термальных вод и парогидротерм. Ровно половина из них находится в эксплуатации, поставляя потребителям примерно 1,5 млн Гкал тепла в год, что эквивалентно годовому замещению почти 300 тыс. тонн условного топлива (Вартанян и др., 1999).

На Кавказе и в Предкавказье термальные воды образуют многослойные артезианские бассейны в осадках мезозоя и кайнозоя. Минерализация и температура вод широко варьируют – в краевых прогибах на глубине 1-2 км от 0,5 до 65 г/кг и от 70 до 100°C , а на Скифской плите на гл. до 4-5 км от 1 до 200 г/кг и от 50 до 170°C .

В Дагестане общая величина разведанных запасов термальных вод составляет 278 тыс. м³/сутки при фонтанной эксплуатации, а при обратной закачке отработанных вод – 400 тыс. м³/сутки с тепловым потенциа-



Рис. 4. Долина Гейзеров на Камчатке.



Рис. 3. Геотермальные провинции мира. Мировые геотермальные ресурсы, доступные для использования, оценены в 137 трлн. ТУТ. Это в 10 раз больше разведанных запасов всех видов ископаемого топлива. Но 75-90 % этих ресурсов аккумулированы в сухих породах (Survey..., 1980).

лом, эквивалентным годовому замещению 600 тыс. тонн условного топлива. Основные разведанные ресурсы термальных вод с температурой $40-107^\circ\text{C}$ и минерализацией 1,5-27 г/л находятся в северном Дагестане. За 40 лет здесь открыто 12 крупных месторождений термальных вод, пробурено и подготовлено к эксплуатации 130 скважин (Рис. 10). Однако сегодня известные запасы термальных вод используются только на 15 % (Алиев и др., 2002), главным образом, для теплоснабжения, полностью обогревая города Избербаш, Терекли-Мектеб, Червлёны Буруны, Тарумовку и частично – Махачкалу, Кизляр и Кайякент. Площадь отапливаемых помещений составляет здесь 280 тыс. м². Вблизи Махачкалы расположены также большие тепличные комплексы, отапливаемые термальными водами, кое-где эти воды обогревают фермы. Используются они также на нескольких курортах (Алиев и др., 2002).

Весьма перспективны для прямого использования термальные воды Западно-Сибирской плиты. Они образуют огромный артезианский бассейн в чехле плиты, занимающий около 3 млн. км². На глубинах до 3 км ресурсы вод с температурой от 35 до 75°C и минерализацией от 1 до 25 г/кг оценены ВСЕГИНГЕО в 180 м³/с. Извлечение высокоминерализованных термальных вод и рассолов требует после снятия теплового потенциала их обратной закачки, чтобы они не загрязняли окружающую среду. Но использование только 5% их запасов позволит извлечь около 834 млн Гкал/год, что сэкономит 119 млн. тонн условного топлива (Атлас..., 1983; Маврицкий, 1971). Сейчас эти ресурсы почти не используются. Термальные воды обогревают лишь немногие здания в городах Тюмени и Омске и в нескольких небольших посёлках. Кроме того, кое-где они используются для рыбозаведения, извлечения иода и брома, а также нагрева нефтеносных пластов с целью увеличения их нефтеотдачи.



Рис. 5. Месторождение Горячий пляж на о. Кунашир. Запасы пароводяной смеси оценены по категориям В – 3 456 м³/сут, С₁ – 691 м³/сут.



Рис. 6. Перспективные геотермальные провинции России. 1 – Северный Кавказ (альпийская провинция), 2 – Северный Кавказ (платформенная провинция), 3 – Западная Сибирь, 4 – Прибайкалье, 5 – Курило-Камчатский регион, 6 – Приморье, 7-8 – Охотско-Чукотский вулканический пояс. 1-3 – районы по видам использования гидротермальных ресурсов: 1 – пригодные для теплоснабжения зданий с помощью тепловых насосов; 2 – перспективные для “прямого” использования (теплоснабжения жилых и промышленных помещений, обогрева теплиц и почв, в животноводстве, для разведения рыб, сушки зерна, чая, водорослей, в индустриальных производствах, для извлечения химических компонентов, повышения нефтеотдачи пластов, оттаивания мерзлых пород, в бальнеологии), а также для выработки тепла с помощью тепловых насосов и электроэнергии на бинарных ГеоЭС с применением низкокипящих веществ; 3 – районы современного вулканизма, наиболее перспективные для “прямого” использования, выработки тепла и электроэнергии на бинарных установках с применением промежуточных низкокипящих веществ, а также создания крупных ГеоЭС с пароводяным циклом на парогидротермальных месторождениях.

В Прибайкалье имеется много термальных источников. Сейчас их воды применяются лишь для обогрева некоторых курортов и отдельных строений, а также в плавательных бассейнах. Использование их весьма перспективно, особенно вдоль Байкало-Амурской магистрали.

В Приморье и Охотско-Чукотском вулканическом поясе также имеются выходы термальных вод. Наибольший интерес вызывают термы Чукотки, одну из групп которых можно видеть на рис. 7. В таблице 1 приведены основные параметры этих терм по данным их обследования летом 2002 г. экспедицией Российской Академии наук.

Наиболее перспективны для практического использования гидротермальные ресурсы Курило-Камчатского региона. На Камчатском полуострове, помимо 11 крупных высокотемпературных



Рис. 7. Сенявинские горячие источники на Восточной Чукотке.

парогидротермальных систем, насчитывается около 150 групп низкопотенциальных источников маломинерализованных (1-5 г/кг) вод, в основном Cl-Na состава. На рис. 8 показано положение наиболее перспективных для разведки и использования гидротермальных систем Камчатки, в том числе эксплуатирующихся и рекомендуемых для первоочередных поисково-разведочных работ. Состояние и изученности низкопотенциальных систем показано в табл. 2. По расчётам Института вулканологии ДВО РАН (Sugrobov, 1995), только за счет использования этих ресурсов можно обеспечить потребление в виде тепла 1345 МВт_т, по крайней мере, в течение 100 лет.

Главные высокопотенциальные (парогидротермальные) системы Камчатки – Мутновское, Паужетское, Кошелеевское, Большебанное и Киреунское месторождения. Основные работы сегодня развернулись на склоне Мутновского вулкана (Рис. 9). Здесь находится гидротермальная система, которую используют две ГеоЭС (Ровагов, 2000). Вулканическая активность Мутновского вулкана в последние годы возрастает, но её излишки сбрасываются через рядом расположенный часто выбрасывающий газы и извергающий лаву вулкан Горелый. Поэтому извержение Мутновского



Рис. 9. Мутновская геотермальная электростанция (МВт_т).

Рис. 8. Гидрогеотермальные месторождения Камчатки (Sugrobov, 1995). I – гидрогеотермальные провинции (I – Северная, II – Восточная, III – Срединная, IV – Южная, V – Западная), 2-4 – низкотемпературные месторождения (2 – эксплуатирующиеся, 3 – разведанные, 4 – перспективные), 5-7 – высокотемпературные месторождения (5 – эксплуатирующиеся, 6 – разведанные, 7 – перспективные для разведки).

вулкана, опасное для ГеоЭС, маловероятно.

Состояние разведанности высокопотенциальных гидротермальных ресурсов Курило-Камчатского региона характеризуется таблицей 3. Выявленные на полуострове гидротермальные ресурсы (без учёта ресурсов Кроноцкого заповедника) могли бы, по расчётам Института вулканологии (Sugrobov, 1995), обеспечить генерацию электроэнергии в количестве до 1130 МВт_т в течении 100 лет. В настоящее время на Камчатке на природном паре действуют три ГеоЭС с установленной мощностью 12 МВт_т и 50 МВт_т на Мутновском месторождении и 11 МВт_т на Паужетском (Sugrobov, 1995; Поваров и др., 1994).

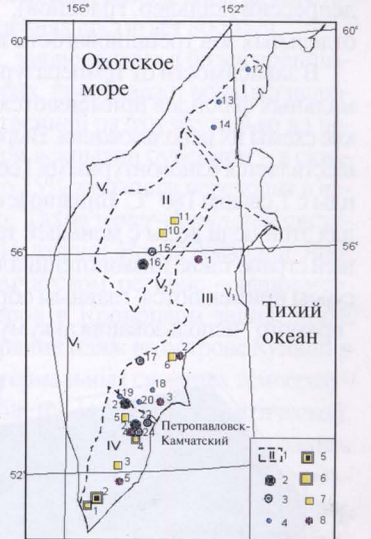
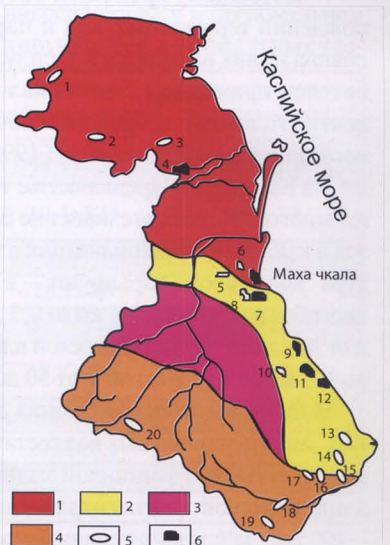


Рис. 10. Крупнейшие гидрогеотермальные месторождения Дагестана (Гаджиев и др., 1980). 1-4 – отложения (1 – четвертичные, 2 – неогеновые, 3 – меловые, 4 – юрские); 5 – перспективные площади; 6 – гидротермальные месторождения. Термоаномалии: 1 – Бажиган, 2 – Терекли-Мектеб, 3 – Тарумовка, 4 – Кизляр, 5 – Истису, 6 – Махачкала, 7 – Талги, 8 – Заунзубаи, 9 – Избербаи, 10 – Салгабак, 11 – Каякент, 12 – Берикей, 13 – Белиджи, 14 – Чошмензин, 15 – Гильяр, 16 – Аджинаур, 17 – Рычалсу, 18 – Ахты, 19 – Хнов, 20 – Хзанор.



Район	Тип ¹⁾	Максимальное использование			Мощность ²⁾ (МВт)	Среднегодовое использование		
		Дебит (кг/сек)	Температура(°С) на входе на выходе			Средний дебит, кг/сек	Энергия ³⁾ ТДж/год	Фактор нагрузки ⁴⁾
КУРИЛО-КАМЧАТСКИЙ РЕГИОН								
Камчатка	ТБП	532	85	30	122	372	2 701	0.7
Курилы (Кунашир)	Т				20			
СЕВЕРНЫЙ КАВКАЗ								
<i>Скифская плита</i>								
Краснодарский край	ИСЖТБП	370	80	30	77	222	1 465	0.6
Ставропольский край	СТП	60	100	30	18	36	335	0.6
Адыгея	СТ	49	80	30	10	25	162	0.5
<i>Предгорные прогибы</i>								
Кабардино-Балкария	П	70	70	30	2	6	33	0.5
Дагестан	ИТБП	339	80	30	71	203	1 340	0.5
Карачаево-Черкесия	Г	25	65	30	4	13	58	0.5
Северная Осетия	Г	21	60	30	3	10	41	0.5
ВСЕГО		>1 466			327	> 888	> 6135	

Табл. 4. Прямое использование геотермальных ресурсов в регионах России на 31.12.2002. ¹⁾ И – индустриальные процессы; С – сушка продуктов сельского хозяйства (зерна, овощей, фруктов); Ж – животноводство и рыборазведение; Т – теплоснабжение; Б – бальнеолечебницы, бассейны; П – парниково-тепличные хозяйства; Г – горячее водоснабжение; ²⁾ М, мощность (МВт) = Макс. дебит (кг/с) [Т на входе – Т на выходе (°С)] × 0.004184; ³⁾ Е, используемая энергия (ТДж/год = 10¹² Дж/год) = Средний дебит (кг/с) [Т на вх. – Т на вых. (°С)] × 0.1319; ⁴⁾ Ф, фактор нагрузки = Среднегодовая Е (ТДж/год) × 0.03171/М (МВт).

На Курильских островах в разной стадии разведки и освоения находятся месторождения Горячий пляж (о. Кунашир), Океанское (о. Итуруп) и Парамуширское. На островах Кунашир и Итуруп уже работают две небольшие ГеоЭС мощностью 2,6 МВт_э и 6 МВт_э. Кроме того, на о-ве Кунашир за счёт геотермального тепла для предполагаемой теплофикации г. Южно-Курильска успешно осуществляется нагрев холодных вод на двухконтурной установке мощностью 20 МВт_э. Несмотря на такое обилие геотермальных ресурсов, потребность Камчатки и Курил в тепловой и электрической энергии остаётся крайне острой.

Подводя итоги обзору прямого использования геотермальных ресурсов в России, можно констатировать, что сегодня оно развито, главным образом, в Курило-Камчатском регионе, в Дагестане и Краснодарском крае (табл. 4), в основном для теплоснабжения теплиц (табл. 5). Помимо этих районов, освоение термальных вод должно, в первую очередь, охватить наиболее перспективные участки Западной Сибири, Прибайкалья, Чукотки, Приморья, Сахалина.

Кроме того, растёт экономическая целесообразность теплоэнергетического использования наиболее широко распространённых низкопотенциальных геотермальных ресурсов, сосредоточенных в месторождениях минерализованных вод с температурой 30–80°C (иногда даже до 100°C) на глубине 1–2 км. Такими ресурсами обладает центральная часть Средне-Русского бассейна (Московская синеклиза), включающая 8 областей: Вологодскую, Ивановскую, Костромскую, Московскую, Нижегородскую,

Виды Использования	М ²⁾ (МВт _э)	Е ³⁾ (ТДж/год)	Ф ⁴⁾ н
Теплоснабжение	110	2 185	0.63
Обогрев теплиц	160	3 279	0.65
Животноводство и рыборазведение	4	63	0.5
Сушка продуктов сельского хозяйства	4	69	0.55
Индустриальные Процессы	25	473	0.6
Плавательные бассейны, ванны заведений	4	63	0.5
ИТОГО	307	6 132	

Табл. 5. Общая интенсивность прямого использования геотермальных ресурсов России. (Обозначения – см. табл. 4).

Новгородскую, Тверскую и Ярославскую. Перспективы использования термальных вод есть в Ленинградской и, особенно, в Калининградской областях. Эффективное их освоение возможно с помощью тепловых насосов и создания бинарных циркуляционных систем.

Работа выполнена при поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (гранты №№ 01-05-64521, 02-05-64016 и 03-05-64869). Авторы признательны О.А. Поварову за предоставленную возможность доложить эту работу на Международном геотермальном семинаре IGW-2003.

Литература

- Алиев Р.М., Паламарчук В.С., Бадавов Г.Б. Вопросы геотермального теплоснабжения территории Северного Дагестана. *Геотермальная теплоэнергетика*. Изд-во ИПГ ДНЦ РАН, Махачкала. 2002. 25-35.
- Атлас ресурсов термальных вод СССР (под ред. Г.В. Куликова и Б.Ф. Маврицкого). М.: ВСЕГИНГЕО. 1983.
- Вартанян Г.С., Комягина В.А., Плотникова Р.И., Соустова Т.Н., Шпак А.А. *Использование и перспективы освоения минеральных, термальных и промышленных вод*. М.: Геоинформмарк. 1999.
- Карта теплового потока территории СССР и сопредельных районов м-ба 1:10 000 000. ГУГК СМ СССР. М.: 1980.
- Карта глубинных температур территории СССР и сопредельных районов м-ба 1:10 000 000. ГУГК СМ СССР. М.: 1980.
- Маврицкий Б.Ф. *Термальные воды складчатых и платформенных областей СССР*. М.: Наука, 1971.
- Маврицкий Б.Ф., Шпак А.А., Отман Н.С., Антоненко Г.Ф., Гребенщикова Т.Б. *Объяснительная записка к Атласу термальных вод*. М.: ВСЕГИНГЕО. 1983.
- Поваров О.А., Томаров Г.В., Кошкин Н.А. Состояние и перспективы развития геотермальной энергетики в России. *Теплоэнергетика*, № 2. 1994. 15-22.
- Поляк Б.Г., Смирнов Я.Б. Связь глубинного теплового потока с тектоническим строением континентов. *Геотектоника*, № 4. 1968. 3-19.
- Хуторской М.Д., Подгорных Л.В., Грамберг И.С., Леонов Ю.Г. Термотомография Западно-Арктического бассейна. *Геотектоника*, № 3. 2003. 79-96.
- Cermak V. Heat flow investigation in Czechoslovakia. *Geoelectric and Geothermal Studies*, KAPG Geophys. Monogr., A. Adam, ed., Budapest, Akad. Kiado. 1976. 414-424.
- Huttrer G.W. The status of world geothermal power generation 1995-2000. *Proc. of the World Geothermal Congress 2000*, Hyushu – Tohoku, Japan. May 28 – June 10, vol. 1. 23-37.
- Kutas R.I., Lubimova E.A., Smirnov Ya.B. Heat flow map of the European part of the USSR and its geological and geophysical interpretation. *Geoelectric and Geothermal Studies*, A. Adam, ed., Akad. Kiado, Budapest. 1976. 443-449.
- Lund J.W. and Freeston D.H. World-wide direct uses of geothermal energy 2000. *Proc. of the World Geothermal Congress*, Japan. May 28 – June 10, 2000. vol.1. 1-21.
- Povarov O.A. Geothermal power engineering in Russia today. *Proc. of the World Geothermal Congress*, Hyushu – Tohoku, Japan. May 28 – June 10, 2000. vol. 1. 207-212.
- Survey of Energy Resources. *11th World Energy Conf. Munich*, 1980.
- Sugrobov V.M. Utilization of geothermal resources of Kamchatka, prognostic assessment and future development. *The World Geothermal Congress*, Florence, 1995. vol. 3. 1549-1554.