

## ГЕОТЕРМАЛЬНЫЕ РЕСУРСЫ РОССИИ: ПРОБЛЕМЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ КОМПЛЕКСНОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ

Свалова В.Б.

*Институт геоэкологии РАН, г. Москва*

*e-mail: monitoringST@mail.ru*

Геотермальные ресурсы являются важнейшим источником развития энергетики, редкометальной и химической промышленности, санаторно-бальнеологического и агропромышленного комплексов. Россия обладает огромными запасами гидрогеотермальных, т.е. аккумулированных в подземных водах, и петротермальных, аккумулированных в горных породах, ресурсов. В то же время в России они используются далеко недостаточно. Быстрый рост энергопотребления, ограниченность и удорожание ресурсов невозобновляемого топлива, обострение экологических проблем заставляют мировую экономику широко использовать альтернативные источники энергии.

**Ключевые слова:** геотермальные ресурсы, геотермальная энергия, геотермальные станции, комплексное использование.

Geothermal resources are of the most important sources of power systems development, rare metal and chemical industry, medical and agriculture complexes. Russia has rich hydro geothermal and petro thermal resources, that use is not enough. Great growth of energy consumption, limitation and appreciation of non-renewable fuel, strengthen of environmental problems force world economics to use widely the alternative energy resources.

**Keywords:** geothermal resources, geothermal energy, geothermal power plants, complex utilization.

### Введение

Внутреннее тепло Земли используется много столетий. Сначала оно применялось в бытовых и лечебных целях в местах наиболее активного проявления глубинной геотермальной активности, а затем, уже в XX веке использование геотермальной энергии приобрело широкие промышленные масштабы [1, 2]. Во многих развитых странах геотермальные ресурсы стали основой для развития высокотехнологичных отраслей индустрии.

В июле 2004 года геотермальная общественность широко отметила столетие геотермальной энергетики. 4 июля 1904 года в Лардерелло, Италия, Пьеро Джинори Конти (Prince Piero Ginori Conti (1865-1939)) провел первый в мире эксперимент по производству электроэнергии из геотермального пара (рис. 1). А через 9 лет, в 1913 году в Италии в Лардерелло была пущена в промышленную эксплуатацию первая геотермальная электрическая станция мощностью 250 кВт, действующая до сих пор (рис.2).

В 2004 году отмечалось также 50-летие Российской геотермальной энергетики. 15 марта 1954 года Президиум Академии Наук СССР принял решение создать Лабораторию по исследованию геотермальных



**Рис.1.** Устройство, использованное в Лардерелло в 1904 г. в первом в мире эксперименте по производству электроэнергии из геотермального пара, и его изобретатель Пьеро Джинори Конти

ресурсов в Петропавловске-Камчатском. А уже в 1966 году на Камчатке была построена и пущена в эксплуатацию первая геотермальная электрическая станция на реке Паужетка мощностью 5 МВт с традиционным циклом. К 1980 году мощность Паужетской ГеоЭС была доведена до 11 МВт, а затем до 14.5 МВт. Станция и сейчас продолжает успешно работать. В 1967 году заработала Паратунская ГеоЭС с бинарным циклом, построенная на основе разработанной и запатентованной С. Кутателадзе и Л. Розенфельдом уникальной технологии бинарного цикла для получения электроэнергии. Патент у СССР был тогда куплен многими странами. Особенно преуспели в развитии этой технологии в Израиле, куда позже эмигрировала группа советских специалистов и основала компанию «Ормат».

Низкие цены на углеводородное сырье в 70-е годы и кризис 90-х надолго затормозили развитие геотермальной энергетики в России. Нынешние высокие цены на нефть и газ требуют незамедлительного развития альтернативной энергетики. Во-первых, невозобновляемые ресурсы быстро истощаются, особенно при нынешнем состоянии экспорта нефти и газа. Во-вторых, на внутреннем рынке цены на топливо неизбежно приближаются к мировым. Эконо-

мить энергию придется всеми возможными способами. Отягчающим обстоятельством для развития геотермальной энергетики является также углеводородная ориентированность Российской экономики. Новые месторождения нефти и газа долго не разведывались и не осваивались, а вновь открытые в Арктике и на шельфе Дальнего Востока экономически малорентабельны. Их освоение потребует огромных затрат, а экономическая целесообразность эксплуатации сохранится только при нынешнем высоком уровне цен на углеводороды. Даже небольшое снижение мировых цен на нефть и газ потребует от России огромного напряжения для выполнения взятых на себя международных обязательств по уровню продаж. Предвидя экономические риски, правительство может еще больше сосредоточиться на углеводородном сырье. Разведка, бурение, освоение потребуют новых капиталовложений в нефтегазовый сектор, а геотермальная энергетика может опять оказаться в стороне. Этого нельзя допустить. Создание стабильной экономики и устойчивого развития требует организации многовекторной энергетики, способной обеспечить потребности промышленности и общества на разных уровнях – глобальном, региональном, локальном. Необходи-



Рис.2. Геотермальная электростанция в Лардерелло, Италия (Фото В. Сваловой)

мо использовать имеющийся зарубежный опыт, когда страны с развитой экономикой и недостатком сырьевых ресурсов были вынуждены развивать инновационные технологии для освоения альтернативной энергии.

### Геотермальные станции на Камчатке и Курилах

Наиболее ярких успехов в развитии геотермальной энергетики Россия достигла на Камчатке. Последнее неудивительно, т.к. это фантастический край с уникальными природными ресурсами и необыкновенной красоты проявлениями геотермальной активности в виде вулканов, гейзеров, горячих источников. Еще со времен Степана Крашенинникова (1711-1755), участника Второй Камчатской экспедиции (1733-1743), и его «Описания земли Камчатки» (1756), к этому притягательному месту приковано внимание как научной геологической общественности, так и любителей необычных природных явлений и путешествий.

Камчатская область обладает богатейшими геотермальными ресурсами, по-

зволяющими полностью обеспечить энергетические потребности края на сто лет вперед. Наиболее перспективным является Мутновское геотермальное месторождение, разведанные запасы которого оцениваются в 300 МВт.

Новейшая история освоения Мутновского месторождения пережила несколько этапов: от геологической разведки, оценки запасов, проектирования и строительства первых геотермальных станций Паужетской и Паратунской до строительства Верхне-Мутновской и Мутновской ГеоЭС мощностью 12 и 50 МВт, соответственно.

Для осуществления строительства была создана проектная компания ЗАО «Геотерм», зарегистрированная 30 августа 1994 года в Петропавловске-Камчатском. Также в строительстве принимали участие АО «Камчатскэнерго», КУГИ (Комитет по управлению городским имуществом) Камчатской области, АО «Наука». Проект осуществлялся за счет кредита Европейского Банка Реконструкции и Развития (99.9 млн. US\$), а также средств Российских инвесторов, включая РАО «ЕЭС России». В 1999 году была пущена в эксплуатацию пилот-



Рис.3. Мутновская ГеоЭС (Фото из архива В.Сваловой)

ная Верхне-Мутновская ГеоЭС. 21 декабря 2001 года был пущен первый энергоблок Мутновской ГеоЭС мощностью 25 МВт. 17 сентября 2002 года первый энергоблок был включен в сеть, а 27 сентября 2002 года был введен в эксплуатацию второй энергоблок, что позволило довести общую мощность Мутновской ГеоЭС до 50 МВт (рис.3, 4).

Таким образом, общая мощность энергообъектов на Камчатке, включая Паужетскую ГеоЭС, оценивается в 76.5 МВт.

Это составляет 25 % потребности региона в электроэнергии, что позволяет (даже в случае прекращения поставок мазута на полуостров) решить стратегическую задачу обеспечения электроэнергией жилого сектора и жизненно важных объектов.

На Курилах работают две ГеоЭС – мощностью 1.8 МВт (на о. Кунашир) и 3.6 МВт (на о. Итуруп). Таким образом, общая мощность ГеоЭС России составляет 81.9 МВт (таб.1) [3].

Таблица 1

Использование геотермальных ресурсов в России для производства электроэнергии на 1 августа 2009 г.

Место	Название геотермальной станции	Год запуска	Кол-во блоков	Мощность МВт(э)	Производство электроэнергии в 2008 г. ГВт час/год	Планируемая дополнительная мощность МВт(э)
Камчатка	Паужетская	1966	3	14.5	59.5	2.5
Камчатка	Верхне-Мутновская	1999	3	12	58.3	
Камчатка	Мутновская	2002	2	50	322.93	
Курилы, Кунашир	Менделеевская	2007	1	1.8	?	3.2
Курилы, Итуруп	Океанская	2007	2	3.6	?	
Всего:			11	81.9	440.73	5.7



Рис.4. Мутновская ГеоЭС. Сепараторный зал (Фото В. Сваловой)

Таблица 2

Производство электроэнергии из геотермальных источников в мире

Страна	2005 год		2010 год	
	мощность, МВт	энергия, ГВт·ч	мощность, МВт	энергия, ГВт·ч
Аргентина	0	0	0	0
Австралия	0.2	0.5	1.1	0.5
Австрия	1.1	3.2	1.4	3.8
Китай	28	96	24	150
Коста Рика	163	1145	166	1131
Сальвадор	151	967	204	1422
Эфиопия	7.3	0	7.3	10
Франция	15	102	16	95
Германия	0,2	1.5	6.6	50
Гватемала	33	212	52	289
Исландия	202	1483	575	4597
Индонезия	797	6085	1197	9600
Италия	791	5340	843	5520
Япония	535	3467	536	3064
Кения	129	1088	167	1430
Мексика	953	6282	958	7047
Новая Зеландия	435	2774	628	4055
Никарагуа	77	271	88	310
Папуа Новая Гвинея	6.0	17	56	450
Филиппины	1930	9253	1904	10311
Португалия	16	90	29	175
Россия	79	85	82	441
Тайланд	0.3	1.8	0.3	2.0
Турция	20	105	82	490
США	2564	16840	3093	16603
<b>Всего</b>	<b>8933</b>	<b>55709</b>	<b>10715</b>	<b>67246</b>

Интересно сравнить производство электроэнергии из геотермальных источников по странам (таб.2) [4].

### Геотермальные исследования в России

Систематические и целенаправленные геотермические и геотермальные научные исследования на территории нашей страны начались в середине прошлого века. Для координации этих работ в 1964 г. Отделением наук о Земле АН СССР был создан Научный Совет по геотермическим исследованиям, преобразованный затем в Научный Совет РАН по проблемам геотермии. Первым председателем Научного Совета был один из крупнейших математиков мира академик А.Н. Тихонов.

С 30-х до начала 60-х годов прошлого столетия геотермальное теплоснабжение в СССР развивалось в основном по пути создания мелких объектов отопления, горячего водоснабжения и бальнеологии на базе термальных вод, полученных из нефтегазовых скважин. Важной вехой в развитии геотермального производства в

СССР можно считать 1964 год, когда была создана Северокавказская разведочная экспедиция по бурению и реконструкции нефтегазовых скважин для геотермального теплоснабжения. В 1966 г. в Махачкале было создано Кавказское промышленное управление по использованию глубинного тепла Земли, а в 1967 г. – аналогичное Камчатское промышленное управление в Петропавловске-Камчатском в системе Мингазпрома.

Геотермические и геотермальные исследования ведутся в России более чем в 60 научных учреждениях, принадлежащих к различным ведомствам.

Геотермальные ресурсы России хорошо изучены [5, 6, 7] (рис. 5).

### Геотермическое районирование России

Еще в 1983 г. сотрудниками ВСЕГИНГЕО при участии региональных центров был составлен “Атлас ресурсов термальных вод СССР” с объяснительной запиской, содержащий 17 карт, в том числе “Карту термальных вод СССР”, “Карту потенциаль-



**Рис. 5.** Геотермическое районирование России

*a* – районы, пригодные для теплоснабжения зданий с помощью тепловых насосов;  
*b* – перспективные для «прямого» использования;  
*c* – районы современного вулканизма, наиболее перспективные для «прямого» использования, выработки тепла и электроэнергии на бинарных установках, а также создания крупных ГеоЭС на парогидротермальных месторождениях.  
 1 – Северный Кавказ (платформенная провинция), 2 – Северный Кавказ (альпийская провинция),  
 3 – Западная Сибирь, 4 – Прибайкалье, 5 – Курило-Камчатский регион, 6 – Приморье, 7-8 – Охотско-Чукотский вулканический пояс.

ных запасов термальных вод СССР” (обе в масштабе 1:10 млн), а также карты экс-

плуатационных запасов термальных вод основных водоносных комплексов по наи-



**Рис.6.** Энергоэффективный дом в Москве на ул. Анохина, 62 (справа), и пилотный проект для отработки систем энергоснабжения на ул. Анохина, 50 (слева). (Фото Сваловой В.Б.)

более перспективным районам (Западная Сибирь, Предкавказье, Камчатка, Курилы) в масштабе 1:5 млн. и 1:1.5 млн.

В 1991 г. под редакцией Ю.Д. Дядькина была составлена в масштабе 1:10 млн карта петрогеотермальных ресурсов нашей страны на глубинах до 6 км. Практически везде имеются возможности для создания систем теплоснабжения с температурами 70 °С на входе и 20 °С на выходе, а примерно на 70% территории России – с температурным режимом 90/40 °С. Потенциал такой ресурсной базы в Российской Федерации составляет  $1.77 \times 10^{15}$  т.т.

В 2000 г. вышел Геотермический атлас России (электронная версия), составленный сотрудниками Санкт-Петербургского горного института (технического университета) и ФГУП НПЦ «Недра» под редакцией А.А. Смыслова.

По данным ВСЕГИНГЕО и ВНИИК-ТЭП [3], на территории России разведано 47 месторождений природных теплоносителей с запасами термальных вод 242.4 тыс. м<sup>3</sup>/сутки и парогидротерм 103,2 тыс. т/сутки. При этом запасы утверждены лишь по 12 месторождениям термальных вод (135.4 тыс. м<sup>3</sup>/сутки) и по 5 месторождениям парогидротерм (34.5 тыс. т/сутки в пересчёте на пар). Это крайне мало, учитывая огромные потенциальные гидротермальные ресурсы России.

Гидротермальные ресурсы используют преимущественно для теплоснабжения и обогрева городов и населённых пунктов на Северном Кавказе и Камчатке с общим числом населения около 500 000. В некоторых районах страны глубинным теплом обогреваются теплицы общей площадью около 465 000 м<sup>2</sup>. Широко используются термоминеральные воды в бальнеологии и курортологии, но и здесь резервы еще очень велики.

Наиболее перспективными регионами для практического использования геотермальных ресурсов на территории России являются Северный Кавказ, Западная Сибирь, Прибайкалье, Курило-Камчатский регион, Приморье, Охотско-Чукотский вулканический пояс. Практически повсеместно внутреннее тепло Земли может

осваиваться с помощью тепловых насосов.

Использованием и усовершенствованием тепловых насосов для утилизации геотермальных ресурсов занимается целый ряд организаций. Пионерами использования тепловых насосов в России явились НПО «Недра» в Ярославле и Группа Компаний «ИНСОЛАР-ИНВЕСТ» в Москве. На тепловых насосах работают экспериментальная школа в деревне Филиппово Ярославской области, демонстрационный комплекс «Экопарк-Фили», энергоэффективный жилой дом в Москве на улице Академика Анохина (рис.6). Использование тепловых насосов в России имеет очень большие перспективы.

Для сравнения приведем данные по прямому использованию геотермальных ресурсов в мире [8] (Таб. 3).

В области использования геотермальной энергии Россия тесно сотрудничает с Международной Геотермальной Ассоциацией (International Geothermal Association – IGA).

IGA – научно-образовательная, культурная, просветительская, негосударственная, неполитическая, некоммерческая организация, координирующая деятельность по использованию геотермальных ресурсов в мире, созданная в 1989 году. IGA управляется Советом Директоров в количестве 30 человек, избираемых на конкурсной основе один раз в три года. Согласно Уставу IGA, члены Совета Директоров не могут избираться больше двух сроков подряд. В разное время членами Совета Директоров от СССР и России избирались Г.И. Буачидзе, В.И. Кононов, Ю.Д. Дядькин, В.Б. Свалова, К.О. Поваров. В качестве коллективного члена от России в IGA входила Российская Геотермальная Ассоциация, а затем Геотермальное Энергетическое Общество, созданное в 2003 г. под руководством О.А. Поварова.

Каждые пять лет IGA проводит Всемирные Геотермальные Конгрессы (World Geothermal Congress - WGC), собирающие более тысячи участников. Российские ученые бывают представлены там большими делегациями. Так, WGC-1995 состоялся в Италии (Флоренция), WGC-2000 – в Япо-

Таблица 3

Прямое использование геотермальной энергии в мире, 2010г.

Страна	Мощность, МВт	Энергия, ТДж/год	Энергия, ГВт ч/год
Албания	11.48	40.46	11.2
Алжир	55.64	1723.13	478.7
Аргентина	307.47	3906.74	1085.3
Армения	1	15	4.2
Австралия	33.33	235.1	65.3
Австрия	662.85	3727.7	1035.6
Беларусь	3.422	33.79	9.4
Бельгия	117.9	546.97	151.9
Босния и Герцеговина	21.696	255.36	70.9
Бразилия	360.1	6622.4	1839.7
Болгария	98.3	1370.12	380.6
Канада	1126	8873	2464.9
Карибские острова	0.103	2.775	0.8
Чили	9.11	131.82	36.6
Китай	8898	75348.3	20931.8
Колумбия	14.4	287	79.7
Коста Рика	1	21	5.8
Хорватия	67.48	468.89	130.3
Чехия	151.5	922	256.1
Дания	200	2500	694.5
Эквадор	5.157	102.401	28.4
Египет	1	15	4.2
Сальвадор	2	40	11.1
Эстония	63	356	98.9
Эфиопия	2.2	41.6	11.6
Финляндия	857.9	8370	2325.2
Франция	1345	12929	3591.7
Грузия	24.51	659.24	183.1
Германия	2485.4	12764.5	3546.0
Греция	134.6	937.8	260.5
Гватемала	2.31	56.46	15.7
Гондурас	1.933	45	12.5
Венгрия	654.6	9767	2713.3
Исландия	1826	24361	6767.5
Индия	265	2545	707.0
Индонезия	2.3	42.6	11.8
Иран	41.608	1064.18	295.6
Ирландия	152.88	764.02	212.2
Израиль	82.4	2193	609.2
Италия	867	9941	2761.6
Япония	2099.53	15697.94	4138.9
Иордания	153.3	1540	427.8
Кения	16	126.624	35.2
Корея (Южная)	229.3	1954.65	543.0
Латвия	1.63	31.81	8.8
Литва	48.1	411.52	114.3
Македония	47.18	601.41	167.1
Мексика	155.82	4022.8	1117.5
Монголия	6.8	213.2	59.2
Марокко	5.02	79.14	22.0
Непал	2.717	73.743	20.5
Нидерланды	1410.26	10699.4	2972.3
Новая Зеландия	393.22	9552	2653.5
Норвегия	3300	25200	7000.6
Папуа Новая Гвинея	0.1	1	0.3
Перу	2.4	49	13.6
Филиппины	3.3	39.58	11.0
Польша	281.05	1501.1	417.0
Португалия	28.1	386.4	107.3
Румыния	153.24	1265.43	351.5
Россия	308.2	6143.5	1706.7
Сербия	100.8	1410	391.7
Словакия	132.2	3067.2	852.1
Словения	104.17	1136.39	315.7
Южная Африка	6.01	114.75	31.9
Испания	141.04	684.05	190.0
Швеция	4460	45301	12584.6
Швейцария	1060.9	7714.6	2143.1
Таджикистан	2.93	55.4	15.4
Таиланд	2.54	79.1	22.0
Тунис	43.8	364	101.1
Турция	2084	36885.9	10246.9
Украина	10.9	118.8	33.0
Великобритания	186.62	849.74	236.1
США	12611.46	56551.8	15710
Венесуэла	0.7	14	3.9
Вьетнам	31.2	92.33	25.6
Йемен	1	15	4.2
<b>Всего</b>	<b>50583</b>	<b>438071</b>	<b>121696</b>

нии (Хюсю-Тохоку), WGC-2005 – в Турции (Анталия). WGC-2010 состоялся в Индонезии на острове Бали 26-30 апреля и собрал более 2.5 тысяч участников. По результатам работы Конгресса была принята Бали-Декларация о развитии геотермальной энергетики в мире «Геотермальная энергия – энергия, призванная изменить мир». Текст Декларации можно найти на сайтах <http://www.wgc2010.org> и <http://www.geothermal-energy.org/index.php>.

Успехи России в освоении тепла Земли на Камчатке придали импульс дальнейшему международному сотрудничеству в области геотермальной энергетики. В 2001-2002 гг. Всемирный Банк и Глобальный Экологический Фонд разработали стратегию развития геотермальной энергетики для стран Европы и Центральной Азии. Международная программа в рамках этой стратегии стимулировала подготовку и развитие новых проектов во многих регионах России. Было отобрано 5 первоочередных геотермальных проектов:

- 1) Камчатка: «Полное тепло- и электроснабжение Елизовского района на основе геотермальных ресурсов»;
- 2) Калининградская область: «Тепло- и электроснабжение на основе геотермальных ресурсов»;
- 3) Камчатка: «Расширение Верхне-Мутновской ГеоЭС. Создание энергоблока №4 с бинарным циклом мощностью 6.5 МВт»;
- 4) Краснодарский край: «Геотермальное теплоснабжение г. Лабинска»;
- 5) Омская область: «Полное геотермальное теплоснабжение

с. Чистово Оконешниковского района».

### Комплексное использование геотермальных ресурсов

Термальные воды используются для многих целей – для выработки электроэнергии, для теплофикации и хладоснабжения, для горячего водоснабжения, в земледелии, животноводстве, рыбоводстве, в пищевой, химической и нефтедобывающей промышленности, в бальнеологии и курортологии, в рекреационных целях.

Термальные воды, особенно хлоридные рассолы, содержат в своем составе огромный комплекс металлических и неметаллических микрокомпонентов. Насыщенность рассолов микрокомпонентами находится в тесной зависимости как от генетической сущности самих рассолов, так и от литолого-структурных и геотермических особенностей вмещающих пород.

Термальные воды с высокой минерализацией расположены на большей территории России и бывшего СССР. Они известны почти во всех районах. Рассолы с минерализацией выше 200 г/л известны в Пермской и Самарской областях, Татарии, Московской, Рязанской и других центральных областях. В Москве, например, на глубине 1650 м встречены хлоридные рассолы с минерализацией 274 г/л. В Западной и Восточной Сибири существуют крупные месторождения рассолов с высокой температурой. Отдельные месторождения имеют минерализацию 400-600 г/л. Много термальных рассолов в Средней Азии, Казахстане, Украине, на Камчатке, Курильских островах, Сахалине.

Существуют химические элементы, которые возможно извлекать только из подземных вод. Так, йод добывается из рассолов, поскольку йодистые соединения хорошо растворимы и в породах йод не накапливается. В больших количествах йод концентрируется морскими водорослями, но добывать эти водоросли как промышленное сырье эффективно лишь при большом их скоплении. Бром можно добывать из некоторых солей и водорослей, но традиционно бром также получают из сверхкрепких хлоридных рассолов [9].

Значительная часть месторождений термальных вод высокоминерализована и представляет собой рассолы, содержащие от 35 до 400 и более г /л солей. Они являются минеральным сырьем на многие химические элементы. Многие рассолы, находящиеся на большой глубине, могут стать месторождениями ценнейших химических элементов: цезия, бора, стронция, тантала, магния, кальция, вольфрама и др. По дешевой технологической схеме из природных растворов в основном можно извлекать йод, бром, бор, хлористые соли аммония, калия, натрия, кальция, магния. Извлечение других химических элементов затруднено из-за дороговизны технологии. Перспективным методом является использование ионообменных смол для избирательного извлечения определенных компонентов из природных вод. В основе метода лежит принцип избирательной сорбции ионов полезных элементов или их комплексов со специально введенными в раствор соединениями.

В то же время в разряд актуальных проблем выдвигается задача наиболее эффективного использования природных сырьевых ресурсов, включая термоминеральные воды и рассолы. Вовлечение этих вод в хозяйственную деятельность может способствовать решению ряда социально-экономических и экологических проблем.

Работы ряда научных учреждений в России позволяют создать процессы химической переработки гидроминерального сырья и расширить сферы его хозяйственного применения. Большой объем лабораторных и натурных испытаний по извлечению ценных компонентов из термальных вод подтверждают необходимость и возможность комплексного использования этого нетрадиционного сырья.

Интерес к минерализованным водам и рассолам в качестве минерального сырья связан с рядом преимуществ этого вида сырья перед твердыми источниками рассеянных элементов, металлов и минеральных солей. Промышленные подземные воды характеризуются широким региональным распространением и большими геологическими и эксплуатационными запасами

[10]. Они являются поликомпонентным сырьем и могут одновременно использоваться в бальнеологии и теплоэнергетике. Добыча этого сырья требует проведения относительно небольших капитальных работ и осуществляется скважинными водозаборами, позволяющими извлекать гидроминеральное сырье с больших глубин.

Минерализованные воды и рассолы характеризуются большим разнообразием общей минерализации, химического состава, содержания полезных компонентов и количественного их соотношения, а также газового состава и температуры. Из всего многообразия минерализованных вод к числу наиболее распространенных типов гидроминерального сырья относятся: термальные рассолы межконтинентальных рифтовых зон; термальные воды и рассолы островных дуг и областей альпийской складчатости; воды и рассолы артезианских бассейнов; рассолы (рапа) современных эвапоритовых бассейнов морского или океанического происхождения и континентальных озер; морские воды.

Рентабельность промышленного получения тех или иных компонентов из гидроминерального сырья определяется не только их концентрацией, но и глубиной залегания подземных вод и эксплуатационных скважин, фильтрационными свойствами водовмещающих отложений, дебитами эксплуатационных запасов и т.д. На экономические показатели эксплуатации существенно влияет способ сброса отработанных вод, что определяет затраты на охрану природной среды.

Исходя из общих условий и закономерностей распространения подземных минерализованных вод и рассолов, содержащих редкие элементы, а также с учетом опыта использования таких вод в качестве гидроминерального сырья в России и за рубежом установлены следующие пределы концентраций элементов, при которых воды представляют промышленный интерес (мг/л): йод – 10, литий – 10, цезий – 0.5, германий – 0.5, бром – 200, рубидий – 3, стронций – 300.

Еще перед второй мировой войной за рубежом, в частности, в США, была разра-

ботана технология извлечения из гидроминерального сырья одного из его компонентов – лития. В 70-х годах около 85% мировой добычи этого металла осуществлялось именно таким способом [11].

В Японии из термоминеральных подземных рассолов в промышленных масштабах добываются I, Br, B, Li, As, Ge, W и ряд минеральных солей, а в Израиле из рассолов Мертвого моря – карналлит, бром, хлориды магния и кальция, а также сырье для производства лекарственных препаратов и парфюмерии. В 80-е годы из гидроминерального сырья получали 30% мировой добычи лития, 31% - цезия, 8% - бора, 5% - рубидия, а также в значительных масштабах Ca, Mg, Na, K, S, Cl, U, Ra, Cu.

Огромные запасы редкометалльного сырья заключены в минерализованных подземных водах и рассолах на территории России и СНГ – в них содержится свыше 55% общих запасов лития, 40% рубидия и 35% цезия.

В зависимости от состава и свойств термальных вод можно выделить два основных направления использования геотермальных ресурсов: теплоэнергетическое и минерально-сырьевое.

Теплоэнергетическое направление является основным для пресных и слабоминерализованных вод, когда ценные компоненты в промышленных концентрациях практически отсутствуют, а общая минерализация не препятствует нормальной эксплуатации системы.

Минерально-сырьевое направление является основным для геотермальных вод и парогидротерм, содержащих ценные компоненты в промышленных количествах. При этом обоснование промышленных концентраций обусловлено уровнем технологий.

Доминирующим при проектировании таких систем должен быть процесс выделения ценных компонентов. Комплексное использование термальных вод в минерально-сырьевом направлении экономически может быть значительно эффективней, чем в теплоэнергетическом. Выбор направления комплексного использования термальных вод должен определяться не только их со-

ставом и свойствами, но и уровнем развития комплексных технологических процессов добычи и переработки гидроминерального сырья и технологией теплоэнергетических процессов. Решающую роль при этом играет наличие потребителей и потребности в термальной воде [12, 13, 14-17].

### Проблемы и перспективы использования геотермальных ресурсов в России

Доля нетрадиционных и возобновляемых источников энергии в энергобалансе России ничтожно мала – меньше 1%. Более интенсивное использование возобновляемых источников энергии предусмотрено в «Энергетической стратегии РФ»: к 2010 году их доля должна возрасти до 3-4% , а к 2020 году – до 6-7%. Однако развитие альтернативной энергетики зависит от того, будет ли государство поддерживать этот бизнес.

Существует много препятствий, мешающих увеличению использования геотермальных ресурсов. Наибольшие препятствия связаны с управлением геологическими рисками. Инвесторы готовы взять на себя экономические, финансовые и технологические риски. Однако часто они не обладают специальными знаниями, которые требуются для оценки и управле-

ния геологическими рисками, что снижает возможность инвестиций в дорогостоящие геотермальные проекты. Без гарантий государства здесь не обойтись.

Опыт ведущих промышленно развитых стран показывает, что использование возобновляемых источников энергии на промышленном уровне невозможно без государственной поддержки со стороны законодательной и исполнительной власти. Так, в Германии в 2003 г. был принят закон о стимулировании развития геотермальной энергетики, в соответствии с которым для всех геотермальных электрических станций устанавливается стоимость 1 кВт/ч в 15 Евроцентов, при этом все местные энергетические компании обязаны забирать всю вырабатываемую этими электростанциями электроэнергию. В США был принят ряд федеральных законов, заставляющих коммунальные предприятия покупать электроэнергию у независимых производителей, что привело к интенсивному росту производства геотермальной энергии с 1980 по 1990 гг. (рис. 7).

Европейская директива по возобновляемым источникам энергии, которая возведена в статус закона, демонстрирует подход к структуре энергетики будущего со стороны ведущих европейских держав. Уже к 2010 году Европа планирует увеличить долю возобновляемых источников энергии в общем энергопотреблении до 12%.

Стимулировать развитие малой и альтернативной энергетики в России можно путем создания соответствующей законодательной базы. РАО «ЕЭС России» разрабатывало закон «О возобновляемых источниках электроэнергии», который должен был определить права собственности на различные виды соответствующих ресурсов, а также разделить полномочия федеральной и

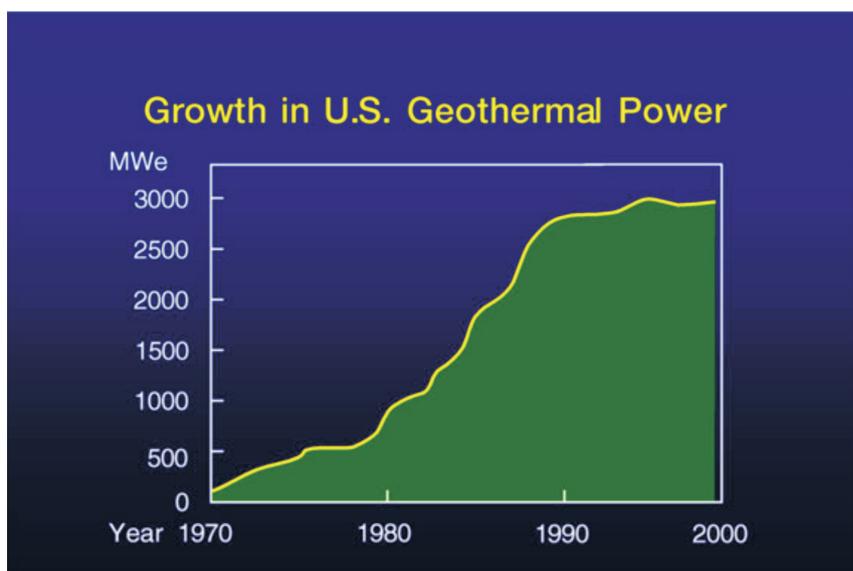


Рис.7. Рост производства геотермальной энергии в США с 1980 по 1990 гг. вследствие принятия федеральных законов, заставляющих коммунальные предприятия покупать электроэнергию у независимых производителей

региональной властей по их управлению. Необходимо принятие такого закона и соответствующих постановлений Правительства Российской Федерации, предусматривающих стимулирующие мероприятия на государственном и региональном уровнях. Стимулом для производителей нетрадиционной энергии могли бы стать поправки в Налоговый кодекс, предоставляющие налоговые льготы для производителей оборудования, используемого в малой и возобновляемой энергетике. Также необходимо соответствующее финансирование Федеральной целевой программы «Энергоэффективная экономика» в подпрограмме «Энергообеспечение регионов России, в том числе северных и приравненных к ним территорий на основе использования нетрадиционных возобновляемых источников энергии и местных видов топлива».

В любом случае необходима большая просветительская и научно-образовательная работа по пропаганде использования экологически чистых инновационных технологий для освоения альтернативных источников энергии, включая геотермальные

ресурсы [18-20, 21-23]. Широкая общественность зачастую плохо информирована о возможностях и перспективах использования внутреннего тепла Земли на федеральном, региональном и локальном уровне, включая индивидуальное строительство и теплоснабжение. В этом плане интересным примером, достойным подражания, может служить создание «Дома возобновляемой энергии» в Брюсселе, Бельгия (рис.8).

В 2000 году несколько энергетических ассоциаций решили разместить свои офисы в одном здании - так и родилась идея «Дома возобновляемой энергии» (ДВЭ). В «Доме возобновляемой энергии» находятся следующие организации:

- **EREC** - Европейский совет по возобновляемой энергии
- **AEBIOM** - Европейская биотопливная ассоциация
- **EGEC** - Европейский совет по геотермальной энергии
- **EPIA** - Европейская ассоциация фотоэлектрической промышленности
- **ESTIF** - Европейская федерация



Рис.8. «Дом возобновляемой энергии» в Брюсселе, Бельгия. (Фото В. Сваловой)

производителей солнечных теплоустановок

- **EUBIA** - Европейская ассоциация производителей биомассы

- **EUREC Agency** - Европейское агентство по возобновляемой энергетике

- **EWEA** - Европейская ассоциация ветроэнергетики

- **EUFORES** - Европейский форум по ВИЭ

- **GWEG** - Всемирный совет по ветроэнергетике

«Дом возобновляемой энергии» - это не просто офисное здание. Это - действующая выставка энергосберегающих технологий и технологий ВИЭ в черте города. ДВЭ демонстрирует существенное сокращение потребления энергии на отопление, освещение и кондиционирование за счет энергосберегающих мер, а также максимально

возможное использование ВИЭ для удовлетворения энергетических потребностей. В здании реализованы следующие технические решения по энергосбережению:

- теплоизоляция фасада и крыши;
- двойное остекление;
- экономичные системы освещения;
- вентиляция с рекуперацией тепла;
- система отопления на паллетах;
- система солнечного теплоснабжения и адсорбционная система солнечного кондиционирования;
- геотермальное теплоснабжение и кондиционирование.

Демонстрационный комплекс «Экопарк-Фили» в Москве близок по идеологии к «Дому возобновляемой энергии» в Брюсселе. И подобную работу следует всячески поддерживать и развивать.

### Список литературы

1. Svalova V.B. Geothermal legends through history in Russia and the former USSR: a bridge to the past. In: Stories from a Heated Earth. Our Geothermal Heritage. GRC, IGA. Sacramento, California, 1999, p. 336-355.
2. Svalova V.B. The history of geothermal resources use in Russia and the former USSR. Proceedings of the World Geothermal Congress 2000, Japan.
3. Povarov K.O., Svalova V.B. Geothermal Development in Russia: Country Update Report 2005-2009. Proceedings of the World Geothermal Congress 2010, Bali, Indonesia.(CD)
4. Bertani R. Geothermal Power Generation in the World 2005-2010 Update Report. Proceedings of the World Geothermal Congress 2010, Bali, Indonesia. (CD).
5. Вартамян 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.
6. Кононов В.И., Поляк Б.Г., Хуторской М.Д. Гидрогеотермальные ресурсы России. Георесурсы, 2(17), 2005, 29-33.
7. Kononov V.I., Polyak B.G., Kozlov B.M. Geothermal development in Russia: Country update report 1995-1999. Proceedings of the World Geothermal Congress 2000, Japan, Vol. 1, p. 201 – 206.
8. Lund J.W., Freeston D.H., Boyd T. L. Direct Utilization of Geothermal Energy 2010 Worldwide Review. Proceedings of the World Geothermal Congress 2010, Bali, Indonesia.(CD).
9. Антипов М.А., Бондаренко С.С., Стрепетов В.П., Каспаров С.М. Минеральное сырье. Бром и иод. М.: Геоинформмарк. 1999, 30 с.
10. Бондаренко С.С. Минеральное сырье. Воды промышленные. М.: Геоинформмарк. 1999. 45 с.
11. Кременецкий А.А., Линде Т.П., Юшко Н.А. и др. Минеральное сырье. Литий. М.: Геоинформмарк. 1999, 49 с.
12. Свалова В.Б. Термальные воды России. Комплексное использование. Материалы Международной конференции «Извлечение минеральных компонентов из геотермальных растворов», 12-16 сентября, 2005 года, г. Петропавловск-Камчатский.
13. Свалова В.Б. Комплексное использование гидротермальных ресурсов. Доклады VIII Международной конференции «Новые идеи в науках о Земле». 6 т., М., 2007, с. 384-386.
14. Svalova V.B. Geothermal energy use in Russia: progress and future. Proceedings of the First East African rift geothermal conference. Geothermal energy: an indigenous, environmentally benign and renewable energy resource. Addis Abeba, Ethiopia, 2006.
15. Svalova V.B. Geothermal resources and thermal waters of Russia: complex use. Proceedings of the Geothermal Resources Council 2006 Annual Meeting “Geothermal Resources Securing Our Energy Future”, San Diego,

- California, 2006.
18. Svalova V.B. Mineral resources of geothermal waters and brines. Proceedings of the International conference "Mineral extraction from geothermal brines". Tucson, Arizona, USA, 2006.
  17. Svalova V.B. Mineral Extraction from Brines and Geothermal Resources Complex Use in Russia. Proceedings of the World Geothermal Congress 2010, Bali, Indonesia.(CD).
  18. Свалова В.Б. Использование геотермальной энергии и проблемы устойчивого развития. Материалы Международного научно-технического семинара "Фундаментальные и прикладные проблемы мониторинга и прогноза стихийных бедствий" "Стихия-2002". Севастополь, 2002.
  19. Свалова В.Б. Геотермальные ресурсы России, проблемы экологии и устойчивого развития. Материалы Международной конференции Возобновляемая энергетика –2003: состояние, проблемы, перспективы. Санкт-Петербург, 2003
  20. Свалова В.Б.. Учебно-научный консультационный центр по экологии и возобновляемым видам энергии. Материалы. Международный семинар "Российская программа развития возобновляемых источников энергии", 2004, г. Рыбинск, Россия.
  21. Svalova V. B. Geothermal energy use in Russia and environmental parks. Proceedings of 2002 Beijing International Geothermal Symposium.
  22. Svalova V. B. Geothermal Energy Use in Russia and Sustainable Development. Proceedings of International Geothermal Workshop, New Zealand, 2002.
  23. Svalova V.B. Geothermal energy use in Russia and environmental problems. Proceedings of the World Geothermal Congress in Turkey, 2005.