

Таблица 4.

Массопотоки седиментационных вод и макрокомпонентов из осадочной толщи Каспийского бассейна

| Осадочная толща | Время существования, 10 ⁶ лет | Масса выделенных седиментационных вод, 10 ²⁰ г | Интенсивность выделения седиментационных вод, 10 ¹² г/год | Массопотоки, 10 ⁹ г/год | | | | | | | |
|---|--|---|--|------------------------------------|--------|--------|-------|------------------|-----------------|---------|---------|
| | | | | Ca | Mg | Na | K | HCO ₃ | SO ₄ | Cl | Всего |
| Девон-триасовая Прикаспийской синеклизы | 405 | 2.63 | 0.649 | 0.79 | 1.34 | 62.39 | 0.90 | 0.43 | 0.96 | 103.74 | 170.55 |
| Пермско-триасовая Скифско-Туранской плиты | 290 | 4.368 | 1.506 | 15.16 | 1.23 | 100.90 | 5.65 | 0.11 | 0.01 | 191.64 | 314.70 |
| Юрско-нижнеплиоценовая | 185 | 17.969 | 9.713 | 3.59 | 13.59 | 109.75 | 4.09 | 1.55 | 30.62 | 203.97 | 367.16 |
| Среднеплиоцен-четвертичная | 5 | 7.378 | 146.48 | 49.81 | 107.05 | 459.95 | 11.71 | 32.34 | 436.51 | 877.67 | 1974.44 |
| Каспийская впадина | | | 158.348 | 69.35 | 123.21 | 732.99 | 22.35 | 187.88 | 468.10 | 1376.42 | 2826.85 |

Полученные данные показывают, что седиментационные воды осадочного чехла Каспийской впадины вносят определенный вклад в формирование химического состава современных вод Каспия.

Дальнейшие исследования гидрогеохимических особенностей современных осадочных бассейнов связаны с изучением процессов взаимодействия седиментационных вод с минеральным веществом горных пород, которое во многом определяется соотношением между массами твердой и жидкой фаз. Для Каспийской впадины это отношение изменяется от ~ 9 для средне плиоцен-четвертичного комплекса до ~30 в более древних осадочных толщах (табл. 3).

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ, грант 05-05-64301.

Литература

1. Алиханов Э.Н. Геология Каспийского моря. Баку: ЭЛМ, 1978. 189 с.
2. Гулиев И.С., Павленкова Н.И., Раджапов М.М. Зона регионального разуплотнения в осадочном чехле Южно-Каспийской впадины // Литол. и полезные ископаемые. 1988. № 5. С. 130-136
3. Дюнин В.И. Гидрогеодинамика глубоких горизонтов нефтегазоносных бассейнов. М.: Научный мир. 2000. 472 с.
4. Зверев В.П., Варванина О.Ю., Костикова И.А. О количественной оценке содержания подземных вод в породах осадочного чехла Каспийской впадины. // Докл. АН, 1999. Т. 368, № 4. С. 511-514
5. Зверев В.П., Костикова И.А. Баланс подземных вод осадочного чехла Каспийской впадины// Геоэкология, 2001, № 3. С. 204-208.
6. Костикова И.А. Седиментационные воды Каспийского осадочного бассейна как один из источников формирования химического состава морской воды // Фундаментальные проблемы современной гидрогеохимии. Томск: Изд-во научн.-техн. лит. 2004. С. 95-99.
7. Лебедев Л.И., Алексина И.А., Кулакова Л.С. и др. Каспийское море. Геология и нефтегазоносность. М.: Наука, 1987. 296 с.
8. Леонов Ю.Г., Антипов В.С., Волож Ю.А. и др. Геологические аспекты проблемы колебаний уровня Каспийского моря // Глобальные изменения природной среды. Новосибирск: Изд-во СО РАН, 1998. С. 30-57.
9. Ронов А.Б. Осадочная оболочка Земли. М.: Наука. 1980. 78 с.
10. Initial reports of DSDP. Wash. (D.C.): US Gov. print. off. 1969. V. 1. 937 p.; 1975. V. 42. Part. 2.

Теплоэнергетический потенциал осадочной толщи геотермальных месторождений Дагестана

О.А. Маммаев
ИПГ ДНЦ РАН

По данным Международного энергетического агентства (МЭА) по состоянию на 2002 год доля возобновляемых источников энергии (ВИЭ) в мировом энергетическом балансе составляют 13,60%. В составе возобновляемых источников энергии по своим потенциальным ресурсам и темпам освоения значительное место занимает геотермальная энергия недр Земли. Интерес специалистов к ВИЭ и, в частности к геотермальной энергии, в связи с постоянным повышением цен на нефть и газ и прогнозируемым истощением этих традиционных углеводородных источников в последние годы неуклонно растет.

Если не считать гидроэнергию рек и в настоящее время (по данным МЭА 2000 г.) использование геотермальной энергии занимает около 60% среди неорганических ВИЭ.

На всемирных геотермальных конгрессах (Япония, 2000 г., Турция, 2005 г.) отмечалось, что использование геотермального тепла Земли в XXI в., достигнет 30% в мировом энергетическом балансе, а по самым оптимистичным прогнозам даже 80% [1, 2].

Главными преимуществами геотермальной энергии при ее комплексном и рациональном использовании в народном хозяйстве являются: практическая неисчерпаемость и возобновляемость, экологическая чистота, доступность и наличие практически повсеместно на Земле.

К странам, где относительно широко используется геотермальная энергия для производства электроэнергии и тепловой энергии относятся США, Китай, Япония, Италия, Франция, Венгрия, Филиппины, Сальвадор, Никарагуа, Исландия, Новая Зеландия, Индонезия и другие (всего более 60 стран).

Под использованием геотермальной энергии до последнего времени, прежде всего, подразумевалось освоение природных гидротермальных ресурсов. И большинство исследовательских работ в этой области были направлены на изучение формирования и оценки запасов геотермальных пластовых вод. Однако гидротермальные ресурсы, хотя природные воды очень хорошие теплоносители с большой удельной теплоемкостью, составляют только небольшую часть потенциальной геотермальной энергии земной коры. Под геотермальными ресурсами в настоящее время принимается избыточная по отношению к температуре нейтрального слоя тепловая энергия, заключенная в твердой, жидкой и газообразной составляющих земной коры на глубинах, доступных современной технике бурения и освоения.

Между тем геотермальное тепло, аккумулированное твердыми горными породами земной коры при среднем геотермическом градиенте (3 °С на 100 м), плотности 2,7 т/м³ и теплоемкости 0,25 ккал/кг·град. до глубины 8 км в пределах суши Земли оцениваются примерно $2 \cdot 10^{23}$ ккал (А.Н. Щербань и др., 1974).

Для сравнения тепловой поток со всей поверхности Земли оценивается в $2 \cdot 10^{17}$ ккал/год при среднем значении теплового потока 50 мВт/м². А суммарная теплотворная энергия всех мировых запасов угля, нефти, газа и других видов топлива оценивается примерно $4 \cdot 10^{19}$ ккал (И.Д. Дергунов, 1959).

Эти цифры показывают, какое колоссальное количество геотермальной энергии заключено только в верхней части земной коры.

Но на современном уровне развития научно-технической базы и технологии извлечения и утилизации, возможно, только освоить лишь небольшую часть этого практически неисчерпаемого источника энергии.

Что касается изучения и освоения геотермальных, в частности, гидротермальных ресурсов, то район исследований – Восточное Предкавказье является наиболее изученным и перспективным районом по этим ресурсам. В частности в Дагестане, начиная с 60-х гг., широко применяются гидротермальные ресурсы для горячего водоснабжения и отопления в городах и в населенных пунктах (Махачкала, Кизляр, Избербаш, Терекли-Мектеб, Червленая и др.).

Была проведена с участием автора оценка региональных запасов, ресурсов и теплоэнергетического потенциала термальных вод Восточно-Предкавказского артезианского бассейна по водоносным комплексам [4].

Использование гидротермальных ресурсов на всей территории Восточного Предкавказья в районах удаленных от промышленных объектов и населенных пунктов практически маловероятно, хотя оценка этих ресурсов показывает их значительные масштабы. Поэтому проведенная оценка этих ресурсов скорее имеет прогнозное и теоретическое значение.

В данной работе ставилась задача оценить потенциальную тепловую энергию гидротермальных и петротермальных ресурсов на конкретных геотермальных месторождениях вблизи крупных населенных пунктов и промышленных объектов для последующей их рекомендации для использования и комплексного освоения в народном хозяйстве. Следует отметить, что работы по оценке и изучению геотермальной энергии, заключенной в горных породах осадочной толщи (петротермальной энергии) по району исследований ранее не проводились. В работе не ставилась задача по исследованию технологических вопросов по извлечению и утилизации геотермальной энергии осадочной толщи районов исследований.

Одновременно оценивалась и роль процессов радиотеплогенерации за счет распада естественных радиоактивных элементов (урана, тория, калия) в осадочной толще геотермальных месторождений в образовании фиксируемого на поверхности теплового потока.

Для постановки вышеуказанных исследований были выбраны наиболее перспективные по оценке специалистов [8] геотермальные месторождения Дагестана: Махачкала-Тернаир, Кизляр, Избербаш, Каякент, Берикей, Талги, Тарумовка, пл. Южно-Буйнакская.

В силу относительной однородности геологического строения и литологического состава осадочной толщи района исследований полученные величины оценок геотермальной энергии этих месторождений можно распространить и на другие районы Восточного Предкавказья с известными допущениями.

Для оценки потенциальной тепловой энергии петротермальных и гидротермальных ресурсов геотермальных месторождений нами выбрана простая геолого-физическая модель осадочной толщи с известными теплофизическими параметрами горных пород и литолого-стратиграфическим строением.

Для каждого однородного литолого-стратиграфического слоя потенциальную петротермальную энергию сухой горной породы оценивали по формуле

$$Q_{c.n} = C \cdot t \cdot V \cdot (1-K) \cdot \rho, \quad (1)$$

где $Q_{c.n}$ – потенциальная тепловая петротермальная энергия сухой породы в Дж;

C – удельная теплоемкость горной породы, Дж/кг·°С;

V – объем горной породы вместе с порами, м³;

ρ – удельная плотность породы, кг/м³;

t – средняя температура пласта, °С;

K – коэффициент пористости;

h – мощность однородного литологического слоя, м.

Объем однородного слоя горной породы определяется по выражению

$$V_n = \frac{100 - K}{100} \cdot V, \quad (2)$$

где V – полный объем, занимаемый породой вместе с порами;

K – коэффициент пористости.

Объем для каждого пласта

$$V = a \cdot b \cdot h, \quad (3)$$

где a и b – длина и ширина пласта, м; h – мощность пласта.

Так как, в осадочной толще мы имеем дело с водонасыщенными породами, то отдельно определяли потенциальную тепловую энергию пластовых вод по формуле

$$Q_{n.v.} = C_v \cdot t \cdot V \cdot K \cdot \rho, \quad (4)$$

где C_v – теплоемкость пластовых вод, нами принята равной $4,18 \cdot 10^3$ Дж/(кг·°С);

t – средняя температура пластовой воды, °С;

ρ – удельная плотность воды, нами принята равной 10^3 кг/м³;

$V_{пор}$ – объем пор,

$$V_{пор} = \frac{K}{100} \cdot V, \quad (5)$$

где V – полный объем породы вместе с порами.

Полную потенциальную петротермальную и гидротермальную энергию заключенную в осадочной толще определяли как суммарную по всем литолого-стратиграфическим слоям по всей расчетной глубине литологической колонки.

Для расчета величины радиотеплогенерации в осадочной толще за счет распада естественных радиоактивных элементов (урана, тория, калия) в горных породах и сравнения результатов с литературными данными здесь нами принята формула (Birch et al., 1968)

$$A = 0,133 \rho (0,73U + 0,20Th + 0,27K), \quad (6)$$

где A – генерация тепла, мкВт/м³;

ρ – удельная плотность пород, г/см³;

U, Th, K – содержания в горных породах для урана и тория г/т, а для калия в % весовых.

Расчет величины радиотеплогенерации нами производился по методу послойного определения радиотеплогенерации (ПОРТ) согласно [13].

Суммарный вклад процессов радиотеплогенерации в осадочной толще в наблюдаемый на поверхности тепловой поток местности оценивался, просуммировав по каждому литолого-стратиграфическому

слою величину радиотеплогенерации $\sum_i^n A_i \cdot h_i$.

В качестве расчетных объектов для оценки величины потенциальной петротермальной и гидротермальной энергии нами принимались объемы осадочных пород на геотермальных месторождениях, соизмеримые, как правило, по территории с населенным пунктом месторасположения, как для г. Кизляра, к примеру, площадью 5х5 км и мощностью 5 км.

Для относительной оценки геотермальной энергии в Прикумской зоне нами была выбрана промышленная площадь с опорной скважиной Южно-Буйнакская 1, по которой были достаточно полные литологические и теплофизические данные. Результаты полученных расчетных данных для каждого месторождения, где были поставлены эти исследования, приведены в табл. 1. В качестве расчетных ячеек выбирались объемы осадочной толщи геотермальных месторождений площадью сечения 1 км² и мощностью до 5 км и более. Для описания геологического строения месторождений обращались к источникам [5, 7].

По результатам проведенных исследований на геотермальных месторождениях Дагестана на основе, созданных геолого-физических моделей, потенциальная петротермальная энергия, заключенная в расчетных ячейках осадочной толщи площадью сечения 1 км² и мощностью до 5 км, составляет в среднем величину, эквивалентную 40,0 млн. тонн условного топлива (ТУТ), а гидротермальная энергия – около 10 млн. ТУТ. Необходимо отметить, что приводимые цифры оценивают потенциальную тепловую энергию, заключенную в объеме осадочных пород как в «физическом теле», из которого возможно извлечь только определенную часть, в зависимости от применяемого технологического метода.

На исследованных геотермальных месторождениях установлено, что доля радиогенной составляющей осадочной толщи мощностью до 5 км в наблюдаемом на поверхности тепловом потоке равняется в среднем 10% или 6-7 мВт/м².

Таблица 1.

Теплоэнергетический потенциал осадочной толщи геотермальных месторождений Дагестана.

| № п/п | Название месторождения (мощность изученной осадочной толщи, м) | Петротерм. энергия $Q_{с.п}$ $n \cdot 10^{14}$ Дж | Гидротерм. энергия $Q_{г.в.}$ $n \cdot 10^{14}$ Дж | Тепл. поток от радиотеплогенерации q рад. мВт/м ² | Тепл. поток на местности q мВт/м ² |
|-------|--|---|--|--|---|
| 1. | Южно-Буйнакская, скв.1 (4760) | 8164,2 | 3558,8 | 6,80 | 73,6 |
| 2. | Кизлярское месторождение (5000) | 10418,0 | 2717,0 | 5,79 | 63,0 |
| 3. | Каякентское месторождение (5000) | 10849,9 | 3146,7 | 6,13 | 62,0 |
| 4. | Избербашское месторождение (5000) | 11,324 | 2464,0 | 6,33 | - |
| 5. | Тарумовка (5440) | 28657,0* | 3349,8 | 6,82 | 74,0 |

* – коэффициент теплоемкости для горных пород принят как для водонасыщенных.

Таким образом, проведенные нами оценки потенциальных геотермальных ресурсов на конкретных месторождениях Дагестана показывают, что этот вид источников возобновляемой энергии альтернативной традиционным углеводородным источникам, имеет колоссальные практически неисчерпаемые запасы. Задача с их комплексным освоением заключается только в выработке современных геотехнологических, экологически рациональных приемов и технических решений с использованием таких средств, к примеру, как тепловые насосы и других современных технических решений, изучение и описание которых не входит в тему данной работы.

Литература

1. Huttner G.W. The status of word geothermal power generation, 1995–2000//Proc. Of the Word geothermal Congr., 2000. Nyushu-Tohoku, Japan, May 28 – June10. Tohoku, 2000. Vol. 1. P. 23–27.
2. Lund J.W., Freeston D.H. Word-wide direct uses of geothermal energy, 2000//Ibid. P. 1–21.
3. Маврицкий Б.Ф. Термальные воды складчатых и платформенных областей СССР. М., Наука, 1971. 242 с.
4. Курбанов М.К. Геотермальные и гидроминеральные ресурсы Восточного Кавказа и Предкавказья. М., Наука, 2001. 260 с.
5. Мирзоев Д.А., Шарафутдинов Ф.Г. Геология месторождений нефти и газа Дагестана. Махачкала, Дагкнигоиздат, 1986. 317 с.
6. Боганик Н.С. Радиогенное тепло земной коры Русской платформы и ее складчатого обрамления. М., Наука, 1975. 160 с.
7. Геология нефтегазовых месторождения Дагестана и прилегающей акватории Каспийского моря. Шарафутдинов Ф.Г., Мирзоев Д.А., Алиев Р.М. и др. Махачкала, Дагкнигоиздат, 2001. 298 с.
8. Проблемы геотермальной энергетики Дагестана. Гаджиев А.Г., Курбанов М.К., Суетнов В.В. и др. М., Недра, 1980. 280 с.