

МОДЕЛИРОВАНИЕ ТЕПЛОвого ПОЛЯ НА ПРИМЕРЕ ЛИСИ-САБУРТАЛИНСКОГО УЧАСТКА РАЙОНА ТБИЛИССКИХ ТЕРМАЛЬНЫХ ВОД

¹Сакварелидзе Е.А., ²Глonti Л.Е., ¹Меликадзе Г.И., ¹Кобзев Г.Н.

¹Центр сейсмического мониторинга, 0177, Тбилиси, ул. Нуцубидзе 77, E-mail www.seismo.ge

²Институт гидрогеологии и инженерной геологии, 0160, проспект Руставели 31, E-mail www.acnet.ge

Изучение формирования и перспектив экологически правильной эксплуатации месторождения термальных вод – сложная и многосторонняя задача, требующая анализа большого количества взаимосвязанных природных факторов. Один из аспектов этой задачи – создание модели теплового поля месторождения.

Представленная работа касается одного из трех участков Тбилисского месторождения термальных вод – Лиси-Сабурталинского. В своде Лисской антиклинали скважинами глубины от 1867 до 3702 м из вулканогенов нижнего и среднего эоцена была получена вода температурой 52-74°C, что обуславливает интерес к температурному режиму этих горизонтов. В работе использованы как уже имеющиеся данные, так и результаты мониторинга? проводящегося на 10 скважинах этого участка, которые и явились опорными при создании модели (рис.1).

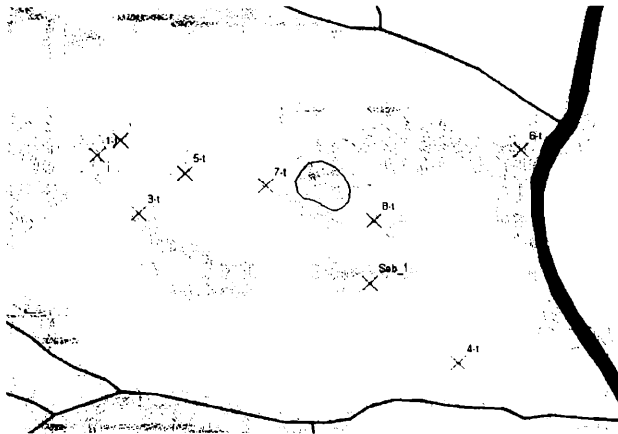


Рис. 1

Схема расположения скважин Лиси-Сабурталинского участка

С целью определения термических параметров, необходимых для установления закономерностей распределения температур по границам водонасыщенных горизонтов Лиси-Сабурталинского участка Тбилисского района термальных вод и создания базы данных для построения цифровой трехмерной модели теплового поля были собраны: данные фондовых материалов (абсолютные отметки скважин,

стратиграфические характеристики вскрытых горизонтов, глубины залегания и мощности горизонтов, интервалы отбора кернов и литологические характеристики пород по керну, геотермические кривые, глубины замеренных температур; данные значений коэффициента теплопроводности пород, аналогичных вскрытым скважинами по литологическому составу и замеренных разными авторами на территории Грузии [1], [2], [3], [4], [5]; планетарные средние значения теплопроводности для аналогичных пород [6]. В работе использованы результаты измерений коэффициента теплопроводности образцов Тбилисского района методом импульсного источника, методика которого подробно изложена в работе [5].

Полученные 4 варианта средних значений коэффициента теплопроводности для слоев нижнего миоцена, олигоцена, верхнего, среднего и нижнего эоцена для удобства изложения будем в дальнейшем обозначать соответственно: I вариант - значения теплопроводности для Тбилисских скважин «нефтяного участка» [1]; II вариант - значения коэффициента теплопроводности для аналогичных пород Ткибули-Ткварчельского участка [2]; III вариант - усредненные значения коэффициента теплопроводности соответствующих пород по Грузии; IV вариант - общепланетарные средние значения для литологически подобных пород. Эти же обозначения будут применены ниже при описании распределения температур по подошвам этих слоев.

Была произведена сортировка значений коэффициента теплопроводности в соответствии с литологическим разрезом каждой скважины (табл.1, скважины 1-Т, 3-Т – 8-Т имеют одинаковый литологический разрез).

Табл. 1

Средние значения коэффициента теплопроводности по слоям литологических разрезов скважин (Вт/м°C)

	1-Т, 3-Т - 8-Т				9-Т			10-Т			Сабуртало I	
	Олиг.	Верх. эоцен	Сред. эоцен	Ниж. эоцен	Верх. эоцен	Сред. эоцен	Ниж. эоцен	Ниж. миоц.	Верх. эоцен	Сред. эоцен	Олиг.	Верх. эоцен
I	1.13	1.66	1.61	1.89	1.66	1.61	1.89	1.68	1.55	1.66	1.13	1.61
II	1.38	2.08	1.99	2.47	1.66	1.52	1.68	1.48	1.38	2.40	1.38	1.99
III	1.26	1.53	2.18	1.90	1.37	1.80	1.77	1.24	1.18	1.35	1.26	2.25
IV	1.58	1.64	1.86	1.78	1.64	1.86	1.78	1.64	1.64	1.86	1.58	1.86

В случае горизонтально залегающих однородных пород рассчитывалось среднее значение коэффициента теплопроводности для каждой скважины рассчитывалось по формуле:

$$\lambda = \frac{\sum M_i}{\sum \lambda_i}$$

где λ - среднее значение коэффициента теплопроводности пород для скважины, M_i - мощность i -ого слоя, λ_i - теплопроводность пород i -ого слоя (табл.2).

Табл. 2

Средние значения коэффициента теплопроводности по скважинам (Вт/м°C)

№ варианта	Скважины										
	1-Т	3-Т	4-Т	5-Т	6-Т	7-Т	8-Т	9-Т	10-Т	Саб.1	
I	1.36	1.35	1.39	1.63	1.46	1.66	1.44	1.70	1.58	1.31	
II	1.68	1.67	1.71	2.05	1.81	2.1	1.79	2.14	1.43	1.68	
III	1.47	1.41	1.55	1.75	1.59	1.75	1.58	1.81	1.20	1.42	
IV	1.66	1.2	2.29	1.73	1.69	1.79	1.85	1.75	1.65	1.64	

Значения градиента температур для каждой скважины, имеющей термограмму, вычислялись прямым способом обработки термограмм: на термограмме выделялись прямые участки? для которых ход температур записывался в виде:

$$t_2 = t_1 + \Delta h \text{grad}T,$$

откуда

$$\text{grad}T = (t_2 - t_1) / \Delta h,$$

где $(t_2 - t_1)$ – разность температур между двумя точками, Δh – разность глубин залегания этих точек. Полученные таким образом значения $gradT$ усреднялись по всему разрезу скважины. Средние геотермические градиенты для этих скважин - 1-Т - $2.9 \cdot 10^{-3} \text{ } ^\circ\text{C}/\text{м}$; 3-Т - $2.7 \cdot 10^{-3} \text{ } ^\circ\text{C}/\text{м}$; 4-Т - $2.5 \cdot 10^{-3} \text{ } ^\circ\text{C}/\text{м}$; 5-Т - $2.0 \cdot 10^{-3} \text{ } ^\circ\text{C}/\text{м}$.

Для скважин, не имеющих термограмм (скважины 6-Т - Сабурталo), бралось среднее значений $gradT$ всех скважин, вычисленных вышеуказанным способом - $2.5 \cdot 10^{-3} \text{ } ^\circ\text{C}/\text{м}$.

Тепловой поток для каждой скважины вычислялся по формуле:

$$q = \lambda \cdot gradT$$

Так были рассчитаны 4 варианта значений теплового потока (в соответствии с вышеперечисленными значениями λ).

Табл. 3

Средние значения теплового потока по скважинам ($10^{-3} \text{ Вт}/\text{м}^2$)

№ варианта	Скважины									
	1-Т	3-Т	4-Т	5-Т	6-Т	7-Т	8-Т	9-Т	10-Т	Саб.1
I	40	37	35	33	37	42	37	43	40	33
II	49	45	43	42	46	53	45	54	36	43
III	43	38	39	36	40	45	40	46	30	36
IV	48	23	43	35	43	45	47	44	42	42

После этого для каждой скважины рассчитывались значения температур по подошвам присутствующих в разрезе скважины слоев (олигоцена, верхнего, среднего и нижнего эоцена), а также температура дна скважины. Расчет температур проводился по формуле:

$$T_N = T_{N-1} + 1/\lambda_N \cdot q H_N$$

где T_N – температура на подошве N -ого слоя, T_{N-1} – температура на подошве $N-1$ -ого слоя, λ_N – значение коэффициента теплопроводности пород N -ого слоя, а H_N – мощность N -ого слоя, q – значение теплового потока в данной скважине.

Поскольку абсолютные отметки устьев всех скважин относительно невелики и незначительно отличаются друг от друга, то температура «нейтрального» слоя (т.е. T_0) полагалась равной 10°C , а глубина его залегания – 25м.

Табл. 4

Значения температур по подошвам стратиграфических слоев ($^\circ\text{C}$)

а) скважина 1-Т

Стратиграфия слоя	Мощность слоя, м	№ варианта			
		I	II	III	IV
Олигоцен	1480	61.8	62.3	60.5	55.4
Верхн.эоцен	1095	88.0	88.0	91.2	87.7
Средн.эоцен	666	104.3	104.3	104.3	105.0

б) скважина 3-Т

Стратиграфия слоя	Мощность слоя, м	№ варианта			
		I	II	III	IV
Олигоцен	1565	60.7	61.2	57.5	32.6
Верхн.эоцен	1510	93.9	93.9	95	53.6
Средн.эоцен	211	98.7	98.7	98.7	56.2

в) скважина 4-Т

Стратиграфия слоя	Мощность слоя, м	№ варианта			
		I	II	III	IV

Олигоцен	1472	55.6	56.0	55.7	50.6
Верхн.эоцен	1007	76.8	76.8	81.4	77.3
Средн.эоцен	1216	103.2	103.2	103.2	105.7

г) скважина 5-Т

Стратиграфия слоя	Мощность слоя, м	№ варианта			
		I	II	III	IV
Олигоцен	120	13.5	13.6	13.4	12.7
Верхн.эоцен	966	32.9	32.9	35.8	33.4
Средн.эоцен	792	49.2	49.5	48.8	48.4
Нижн.эоцен	377	55.8	55.8	55.8	55.8

д) скважина 6-Т

Стратиграфия слоя	Мощность слоя, м	№ варианта			
		I	II	III	IV
Олигоцен	880	39.0	39.4	38.3	34.0
Верхн.эоцен	1035	62.2	62.4	65.6	61.0
Средн.эоцен	850	81.8	82.1	81.4	80.6
Нижн.эоцен	269	87.1	87.1	87.1	87.1

е) скважина 7-Т

Стратиграфия слоя	Мощность слоя, м	№ варианта			
		I	II	III	IV
Олигоцен	356	23.3	23.8	22.6	20.3
Верхн.эоцен	941	47.2	47.9	50.0	46.4
Средн.эоцен	821	68.7	69.9	66.8	67.3
Нижн.эоцен	1584	104.1	104.1	104.1	107.8

ж) скважина 8-Т

Стратиграфия слоя	Мощность слоя, м	№ варианта			
		I	II	III	IV
Олигоцен	817	36.5	36.9	36.1	34.4
Верхн.эоцен	923	56.9	57.0	60.2	60.9
Средн.эоцен	789	74.9	75.0	74.7	81.8
Нижн.эоцен	109	77.0	77.0	77.0	84.7

з) скважина 9-Т

Стратиграфия слоя	Мощность слоя, м	№ варианта			
		I	II	III	IV
Верхн.эоцен	1135	39.5	39.7	44.1	40.8
Средн.эоцен	1019	66.9	67.6	65.7	66.2
Нижн.эоцен	845	86.2	86.2	86.2	87.3

и) скважина 10-Т

Стратиграфия слоя	Мощность слоя, м	№ варианта			
		I	II	III	IV
Нижн.миоцен	522	22.5	22.9	22.9	23.4
Олигоцен	2351	83.2	84.9	83.5	83.5
Верхн.эоцен	187	87.8	87.8	87.8	87.8

к) скважина Сабуртало 1

Стратиграфия слоя	Мощность слоя, м	№ варианта			
		I	II	III	IV
Олигоцен	1724	60.7	63.5	52.4	55.5
Верхн.эоцен	1126	84.9	84.5	87.4	84.0
Средн.эоцен	522	95.7	95.7	95.7	95.7

Значения температур по подошвам литологических слоев для всех скважин, рассчитанные вышеуказанным методом (табл.4), хорошо сопоставимы с термограммами, имеющимися для четырех скважин (2-Т, 3-Т, 4-Т, 5-Т), что свидетельствует о правильном подборе параметров.

На основе данных 9 скважин с помощью программы Feflow 5.3 была реализована трехмерная модель теплового поля Лиси-Сабурталинского участка. Демонстрационное изображение получено с помощью Feflow Explorer 2.0 (рис.2).



Рис. 2

Трехмерная модель теплового поля Лиси-Сабурталинского участка

Созданная модель теплового поля позволяет определить температуру в любой конкретной точке заданного района вплоть до глубин залегания подошвы нижнего эоцена, что при установлении гидродинамических условий дает возможность оценки запасов термальной воды и выбора экологически правильного режима эксплуатации участка.

Литература

1. Буачидзе Г.И., Буачидзе И.М., Годердзишвили Н.А, Мхеидзе Б.С., Шаоршадзе М.П. - Геотермические условия и термальные воды Грузии, Тбилиси, «Сакартвело», 1980, сс130-132
2. Дзидзигури А.А., Дуганов Г.В., Ониани Ш.И., Сарычев Р.А., Кухарев В.Н.- Теплофизические характеристики горных пород и методы их определения, Тбилиси, «Мецниереба», 1966, сс162-182
3. Кикнадзе Д.А. - Определение тепловых свойств горных пород, автореферат кандидатской диссертации, Тбилиси, 1960
4. Сакварелидзе Е.А.– Теплофизические свойства горных пород в интервале температур 20-500 °С, сборник «Тепловые потоки из коры и верхней мантии Земли.Верхняя мантия», №2, Москва, «Наука», 1973, сс125-136
5. Сакварелидзе Е.А., Глонти Л.Е. - Изучение теплофизических свойств пород методом импульсного источника, Труды геофизического общества, серия: геофизика, 2008, в печати,
6. Смыслов А.А., Моисеенко У.И., Чадович Т.З.- Тепловой режим и радиоактивность Земли, Москва, «Недра», 1979,сс 93-101

სითბური ველის მოდელირება თბილისის რაიონის თერმული წყლის ღისი-საბურთალო ნაკვეთის მახლობლად

საყვარელიძე ე., გლონტი ლ., მელიქაძე გ., კობზევი გ.
რეზიუმე

დათვლილია ტემპერატურათა განაწილების ოთხი ვარიანტი საგებებზე წყალშემცველი პორიზონტების 10 საყრდენ ჭაბურღილში ღისი-საბურთალოს ნაკვეთზე. ტემპერატურათა დასათვლელად გამოყენებულია სითბური პარამეტრების გაზომვების შედეგები, რომლებიც ჩატარებულ იქნა სხვადასხვა ავტორების მიერ. მათ საფუძველზე Feflow 5.3 პროგრამის გამოყენებით რეალიზებულია სამგანზომილებიანი ღისი-საბურთალოს ნაკვეთის სითბური ველის მოდელი.

МОДЕЛИРОВАНИЕ ТЕПЛОВОГО ПОЛЯ НА ПРИМЕРЕ ЛИСИ-САБУРТАЛИНСКОГО УЧАСТКА РАЙОНА ТБИЛИССКИХ ТЕРМАЛЬНЫХ ВОД

Сакварелидзе Е.А., Глonti Л.Е., Меликадзе Г.И., Кобзев Г.Н.

Реферат

Посчитаны четыре варианта распределения температур по подошвам водоносных горизонтов в 10 опорных скважинах Лиси-Сабурталинского участка. Для расчета температур были использованы результаты измерений тепловых параметров, проводимых различными авторами. На их основе с помощью программы Feflow 5.3 была реализована трехмерная модель теплового поля Лиси-Сабурталинского участка.

HEAT FIELD MODELING ON THE EXAMPLE OF LISI-SABURTALO AREA OF TBILISI THERMAL WATERS

Sakvarelidze E, Glonti L, Melikadze G, Kobzev G.

Abstract

Four variants of temperature distribution on the foots of water-bearing horizons in 10 Lisi-Saburtalo supporting bores the were calculated. For calculations of temperature were used results of temperature parameters measurements, held by various authors. Based on them with the help of Feflow 5.3 program was realized the three-dimensional model of heat field of Lisi-Saburtalo area.