

Изучение теплосъема с
проницаемого горизонта скважиной
горизонтальной конструкции с
учетом конвекции жидкости в
пласте

Алхасова Д.А.

Институт проблем геотермии ДНЦ РАН

В настоящее время в России и за рубежом широко применяются технологии горизонтального бурения скважин, поскольку традиционные методы разработки месторождений системой вертикально пробуренных скважин не всегда эффективны. Длина горизонтальных стволов достигает сотен и тысяч метров. Преимущества горизонтальных скважин в ряде случаев очевидны, они имеют значительно большую площадь дренирования, чем вертикальные. На современном этапе развития техники и технологий освоения геотермальной энергии масштабы ее практического использования определяются величиной гидрогеотермальных ресурсов. Дальнейшее эффективное освоение этих ресурсов возможно с использованием технологий горизонтального бурения, что позволит значительно увеличить объемы добываемых ресурсов по сравнению с добычей их с применением вертикальных скважин.

Целью данной работы является изучение теплосъема с проницаемого горизонта скважиной горизонтальной конструкции с учетом конвекции жидкости в пласте, исследование зависимости теплосъема от параметров скважинно-пластовой системы.

Постановка задачи. В горизонтальную скважину длины L и радиусом r , пересекающую проницаемый, насыщенный водой пласт толщины $2H$, закачивается вода. Пласт с обеих сторон граничит с непроницаемыми горными породами. Требуется изучить процесс съема тепла с проницаемого пласта с учетом конвекции жидкости в пласте при различных параметрах системы.

$$Ra = \frac{k_0 g \beta (T_n - T_c) r_c}{\nu \alpha^2}$$

Получены температурное поле скважины на каждом временном слое, значения отбираемой тепловой мощности при различных числах Релея. На рис. 1 изображено температурное поле горизонтальной скважины для $Ra=1$. Здесь по оси X отложена длина скважины, деление 100 соответствует 2000 метрам длины горизонтального ствола, по оси Y – время, одно деление соответствует 6 месяцам эксплуатации, по оси Z – температура воды вдоль скважины, $^{\circ}C$.

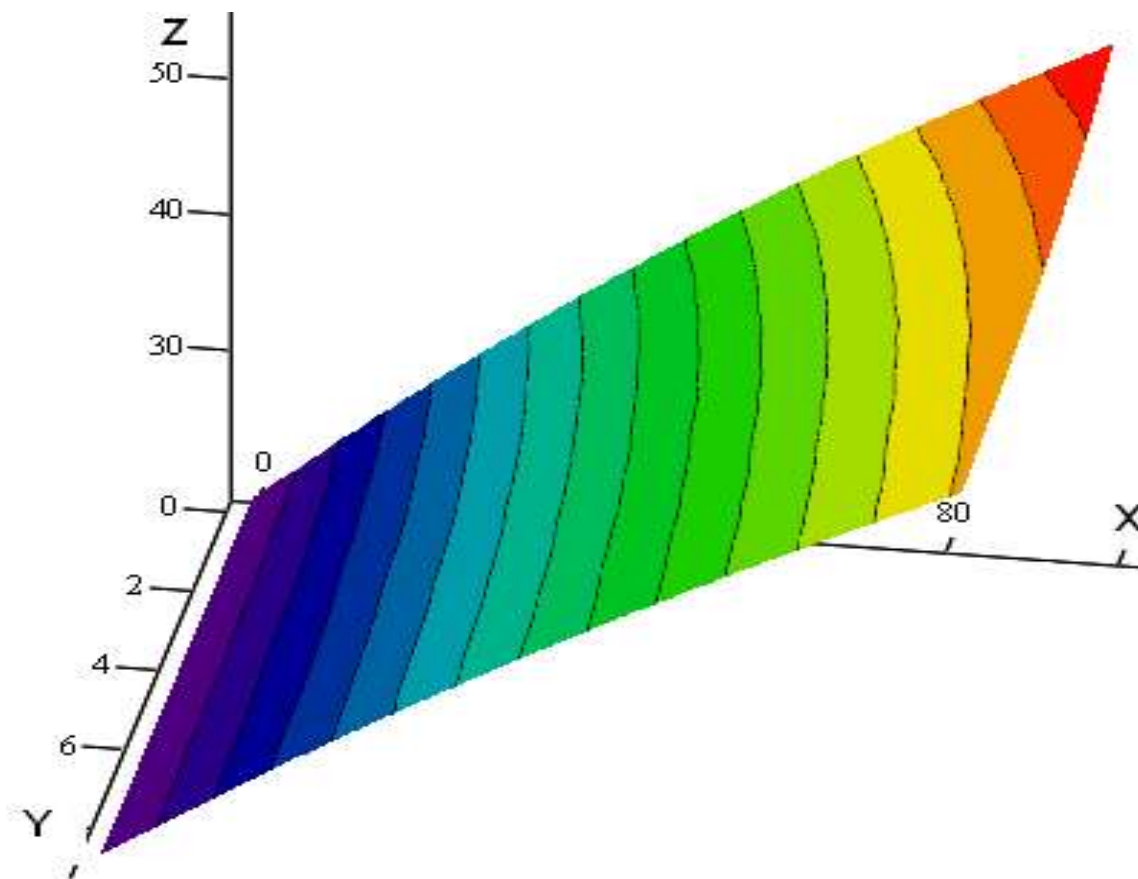


Рис. 1. Температурное поле горизонтальной скважины.
 $L=2000\text{м}$; $Q=500\text{м}^3/\text{сут}$; $r=0.1\text{м}$; $\lambda=2,4\text{ Вт/м }^\circ\text{С}$; $T_{\text{вх}}=20\text{ }^\circ\text{С}$; $T_{\text{п}}=120\text{ }^\circ\text{С}$

Таблица 1.

L, м	$\Delta T, ^\circ\text{C} / N, \text{МВт}$			
	<i>1 месяц</i>	<i>6 месяцев</i>	<i>1 год</i>	<i>2 года</i>
500	11,8 / 0,288	11,3 / 0,274	10,7 / 0,259	9,9 / 0,241
1000	22,4 / 0,542	21,3 / 0,518	20,2 / 0,491	18,9 / 0,457
1500	31,6 / 0,766	30,2 / 0,733	28,8 / 0,698	26,9 / 0,652
2000	39,7 / 0,963	38,1 / 0,925	36,4 / 0,883	34,2 / 0,828
2500	46,9 / 1,137	45,1 / 1,094	43,2 / 1,048	40,7 / 0,987
3000	53,2 / 1,290	51,3 / 1,245	49,3 / 1,195	46,6 / 1,129
L, м	<i>3 года</i>	<i>4 года</i>	<i>5 лет</i>	<i>10 лет</i>
500	9,5 / 0,229	9,2 / 0,222	8,9 / 0,217	8,3 / 0,200
1000	18,0 / 0,438	17,5 / 0,424	17,1 / 0,414	15,8 / 0,384
1500	25,8 / 0,626	25,0 / 0,607	24,5 / 0,594	22,8 / 0,552
2000	32,8 / 0,796	31,9 / 0,774	31,2 / 0,757	29,1 / 0,707
2500	39,2 / 0,950	38,1 / 0,925	37,4 / 0,906	34,9 / 0,849
3000	45,0 / 1,090	43,8 / 1,062	43,0 / 1,042	40,4 / 0,979

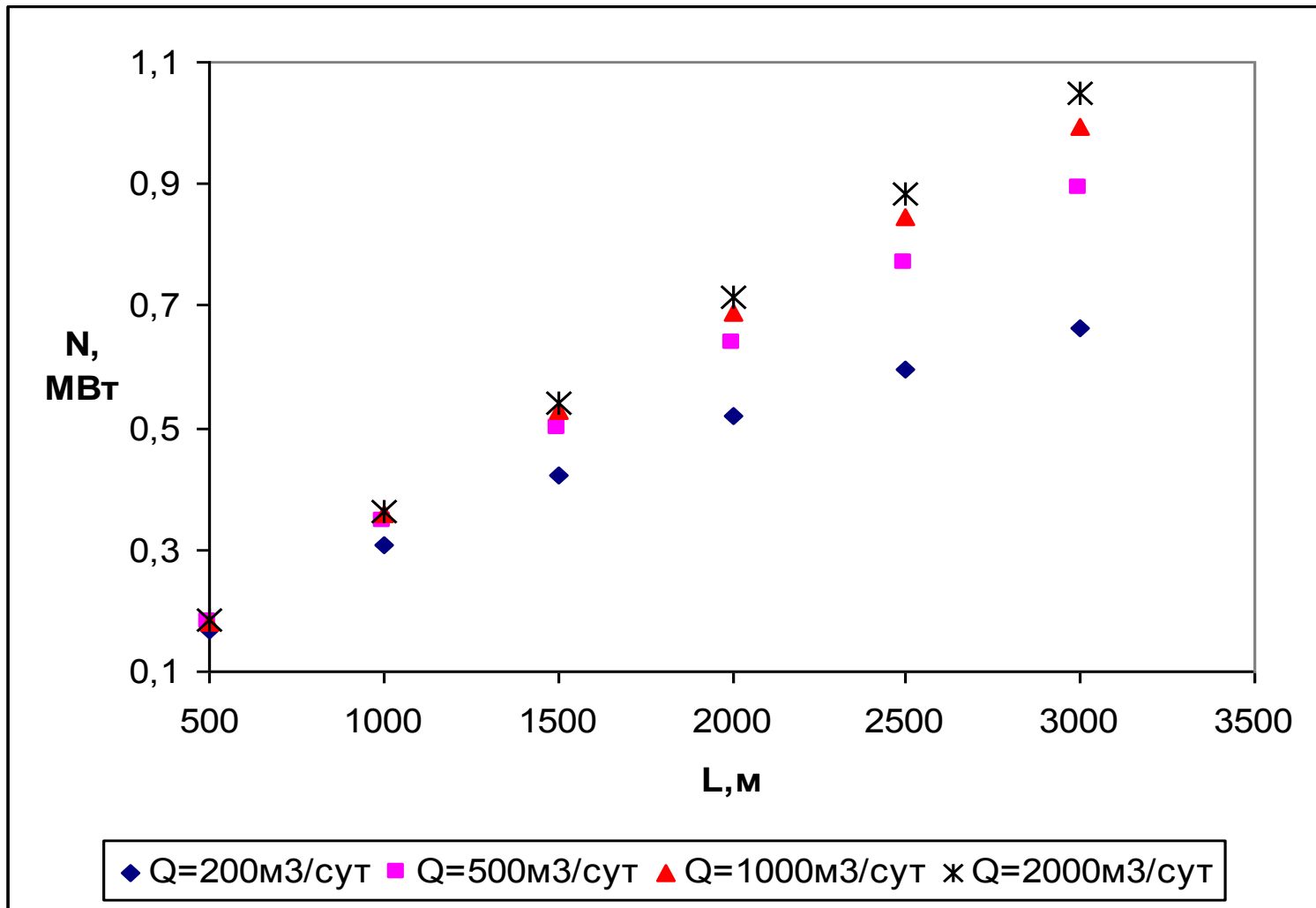


Рис. 2. Зависимость извлекаемой тепловой мощности от длины скважины для различных дебитов при $Ra=0.5$.

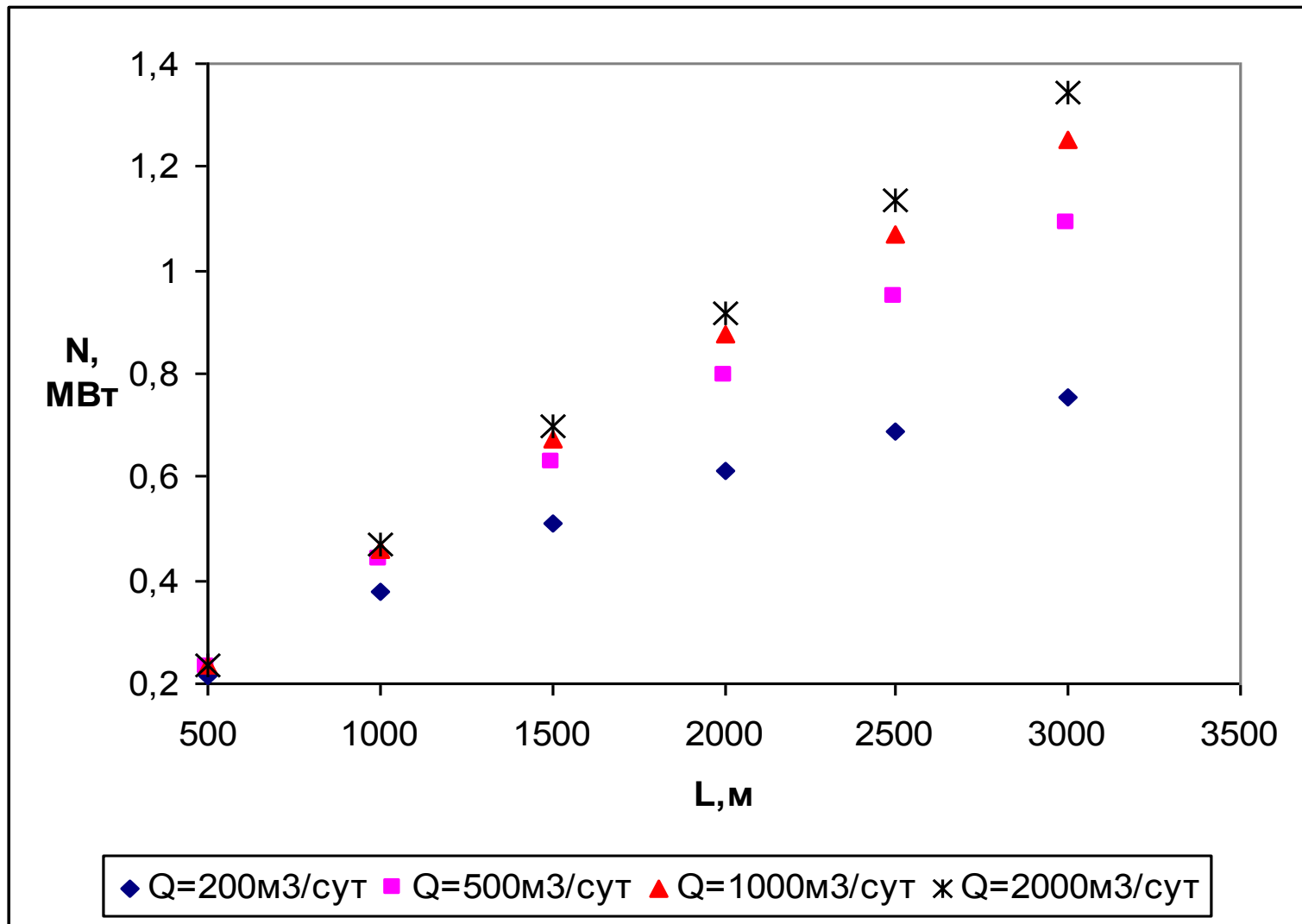


Рис. 3. Зависимость извлекаемой тепловой мощности от длины скважины для различных дебитов при $Ra=1$.

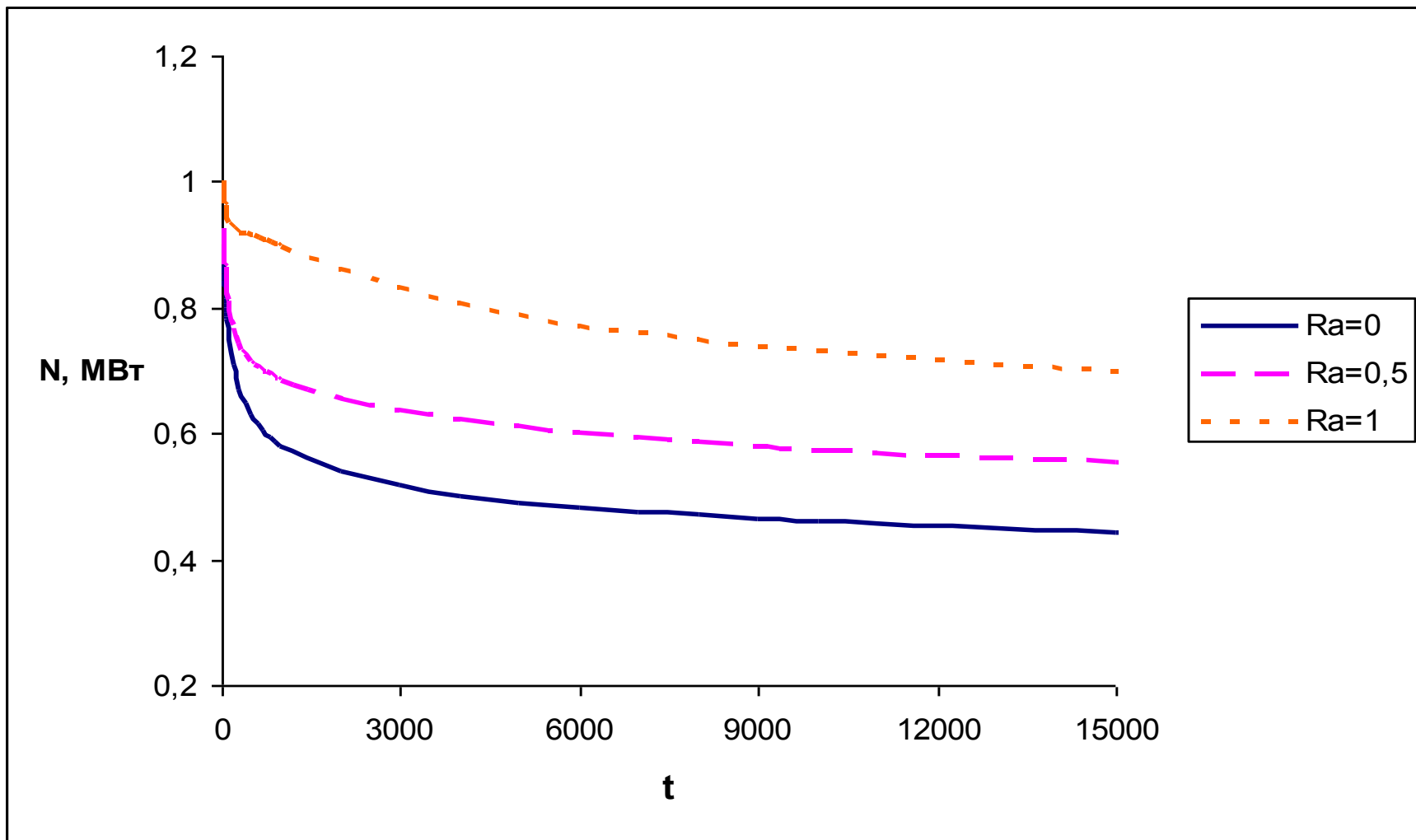


Рис.4 Зависимость извлекаемой тепловой мощности от безразмерного времени для различных чисел Релея

Представленные зависимости свидетельствуют о вкладе, вносимом конвекцией в теплообмен между горизонтальной скважиной и проницаемой породой.

Результаты проведенных расчетов позволили сделать следующие **выводы**:

- Скважины горизонтальной конструкции обеспечивают более эффективное освоение геотермального тепла по сравнению с вертикальными конструкциями;
- Конвекция вносит заметный вклад в процесс теплообмена в системе горизонтальная скважина - проницаемая горная порода;
- С ростом числа Релея растут значения числа Нуссельта и теплового потока в скважину;
- Извлекаемая тепловая мощность, температура воды на выходе из скважины растут при увеличении длины горизонтального ствола скважины;
- Большие дебиты обеспечивают большую тепловую мощность и малый нагрев воды в скважине, небольшие дебиты напротив обеспечивают большой прирост температуры по стволу и меньшие значения тепловой мощности.

Литература

1. Алхасов А.Б. Геотермальная энергетика: проблемы, ресурсы, технологии. М.: Физматлит. 2008. 376с.
2. Алишаев М.Г. Предельные мощности извлечения тепла сухих горячих горных пород. // Энергетика. 2012. №4. с.71-84
3. Алхасова Д.А. Применение изобутана в системах освоения геотермального тепла. // Материалы V Школы молодых ученых им. Э.Э.Шпильрайна «Актуальные проблемы освоения возобновляемых энергоресурсов» с.254-258.
4. Алхасов А.Б., Рамазанов М.М., Абасов Г.М. Конвективный теплоперенос в системе «горизонтальная скважина-проницаемая горная порода». // Материалы II межд. конференции «Возобновляемая энергетика: проблемы и перспективы». 2010. с.105-116

СПАСИБО ЗА ВНИМАНИЕ