

И. В. Голованова, Р. Ю. Сальманова*Федеральное государственное бюджетное учреждение науки
Институт геологии Уфимского научного центра Российской академии наук, Уфа, Россия***УЧЕТ ИСКАЖАЮЩЕГО ВЛИЯНИЯ ПАЛЕОКЛИМАТА ПРИ ОЦЕНКЕ
ТЕМПЕРАТУР ГЛУБОКИХ ГОРИЗОНТОВ ЗАПАДНОЙ ЧАСТИ РЕСПУБЛИКИ
БАШКОРТОСТАН**

Тепловой поток является основным источником информации о тепловом состоянии Земли. Прикладные аспекты исследования теплового поля связаны с оценкой геотермальных ресурсов, а также с применением геотермического метода при поисково-разведочных работах.

Известно, что изменения климата в прошлом (изменения температуры поверхности Земли) могут вносить значительные искажения в современное распределение температуры и теплового потока в верхней части Земной коры. Показано, что палеоклимат оказывает существенное влияние на плотность теплового потока в интервале глубин до 1500–2000 м и глубже. Наиболее заметную роль в искажении современного теплового поля играют вюрм-голоценовое потепление (около 10 000 лет назад) и похолодание малого ледникового периода (150–650 лет назад). В результате геотермический градиент, а, следовательно, и тепловой поток в этом интервале оказываются пониженными. В предыдущих наших работах предложена модель изменений климата в прошлом на территории Южного Урала и внесены поправки на влияние палеоклимата в наблюдаемый тепловой поток в изучаемом регионе по всем скважинам, в которых выполнены его измерения [Голованова и др., 2008]. В данной работе обсуждаются возможности применения полученных результатов и оцениваются глубинные температуры на платформенной части Республики Башкортостан.

Распределение температуры на различных уровнях и стратиграфических горизонтах в осадочном чехле платформенной части территории Республики Башкортостан может быть полезно для оценки перспектив нефтегазоносности региона, для выявления зависимости размещения нефтегазоносных залежей и условий их разработки от температурного режима [Христофорова и др., 2004, 2008]. Глубины, до которых выполнены измерения температуры в скважинах составляют, в основном, от 1 до 3 км. В нескольких параметрических скважинах глубина измерения температуры достигает 5–5,5 км. Таким образом, прямые данные о температурном режиме более глубоких горизонтов практически отсутствуют. Эти сведения можно получить только путем численных оценок.

Обычно оценка глубинных температур в районах со стационарным тепловым полем проводится по известной плотности теплового потока и теплопроводности отдельных слоев земной коры [Любимова, 1968]. Однако, даже если пренебречь вкладом радиоактивных источников тепла для самой верхней части коры, оценка теплопроводности отдельных горизонтов остается отдельной сложной задачей и вносит свою долю неопределенности в получаемые результаты. Кроме того, на результаты расчета температуры глубоких горизонтов может существенно сказаться влияние прошлых изменений климата. Показано [Голованова и др., 2008], что на территории Башкирского Предуралья поправки в измеренную плотность теплового потока на влияние палеоклимата могут составлять 20–40 % в зависимости от глубины скважины. Этот факт необходимо учитывать при оценке температуры глубоких горизонтов, не вскрытых бурением.

В предположении о плоскопараллельном залегании слоев и вертикальности скважины температуру $T(x)$ на некоторой глубине x можно представить в виде суммы [Любимова, 1968; Демежко, 2001]:

$$T(x) = T_0 + q \sum_i \frac{\Delta x_i}{\lambda_i} + \Theta(x), \quad (1)$$

где T_0 – температура поверхности Земли, q – плотность глубинного теплового потока, Δx_i – мощность i -го слоя с теплопроводностью λ_i , $\Theta(x)$ – температурная аномалия на глубине x , вызванная прошлыми изменениями климата.

Тогда, если T_1 – температура, измеренная в скважине на некоторой глубине x_1 , то температуру нижележащих слоев можно рассчитать следующим образом:

$$T(x) = T_1 + q \sum_i \frac{\Delta x_i}{\lambda_i} + \Theta(x) - \Theta(x_1). \quad (2)$$

Искажения $\Theta(x)$ для отдельных зон изучаемого региона рассчитаны на основе модели прошлых изменений климата, предложенной в работе [Христофорова и др., 2008].

Оценки показывают, что влияние двух последних членов в правой части уравнения (2) практически несущественно. Основной вклад в разницу между температурами на некоторой глубине, определенными с использованием измеренных или исправленных на влияние палеоклимата значений теплового потока, вносит плотность теплового потока q , принятая при расчетах.

Проверка предложенного метода расчета глубинных температур выполнена по данным глубокой параметрической скважины Леузинская-1, расположенной в башкирской части Юрюзано-Сылвенской впадины Предуральяского прогиба, рис. 1. Нами использована термограмма, зарегистрированная до глубины 4512 м. Перед измерением скважина находилась в консервации больше месяца, а после окончания бурения прошло больше 3 месяцев.

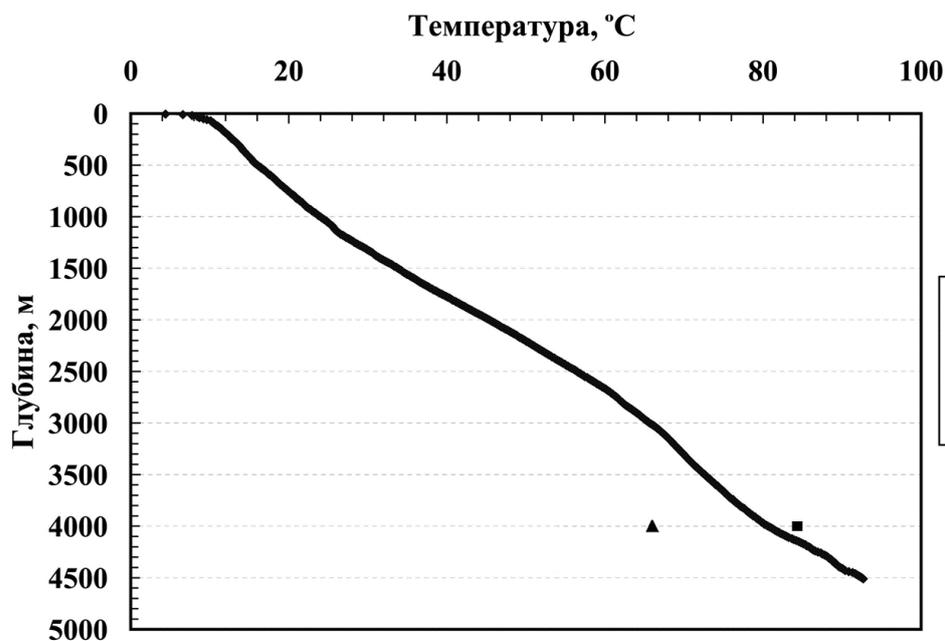


Рис. 1. Проверка предложенного метода расчета глубинных температур. Обозначения: 1 – термограмма скважины Леузинская-1; 2 – температура

на глубине 4000 м, рассчитанная по исправленному на влияние палеоклимата значению плотности теплового потока (50 мВт/м^2); 3 – температура на глубине 4000 м, рассчитанная по значению плотности теплового потока в интервале 470–1160 м (35 мВт/м^2), полученного без учета влияния палеоклимата.

Сначала оценивалась плотность теплового потока в верхней части скважины в интервале 470–1160 м. Классическим методом, без учета влияния палеоклимата получено значение 35 мВт/м^2 . Исправленное на влияние палеоклимата значение плотности теплового потока составляет 50 мВт/м^2 . Затем с использованием полученных оценок потока рассчитывалась температура на глубине 4000 м и сравнивалась с измеренной температурой. Результаты, приведенные на рис. 1, наглядно иллюстрируют справедливость предлагаемого метода расчета глубинных температур.

Оценки показывают, что при характерных для платформенной части Республики Башкортостан значениях плотности измеренного и исправленного на влияние палеоклимата теплового потока 35 мВт/м^2 и 45 мВт/м^2 разница в вычисленных

температурах на глубине 5 км составляет порядка 20 °С, а на глубине 10 км уже порядка 40 °С. При этом значения температуры, вычисленные с использованием исправленной на влияние палеоклимата плотности теплового потока, лучше согласуются с результатами измерений в глубоких скважинах.

Таким образом, предлагается при оценке значений температуры глубоких горизонтов, не вскрытых бурением, использовать не измеренные классическим способом значения плотности теплового потока, а значения, исправленные на влияние палеоклимата. В качестве верхней границы расчетной области можно принять максимальную глубину, на которой надежно измерена температура в скважине.

С использованием предложенной методики построены карты распределения температуры в западной части Республики Башкортостан на отметках –5 000 м и –10 000 м. Сведения о глубинном строении изучаемого региона были приняты по результатам комплексных геофизических работ, проведенных ОАО «Башнефтегеофизика» по региональным профилям до глубины 12–15 км. Теплопроводность выделяющихся по геолого-геофизическим данным отдельных горизонтов рифей-вендских отложений и кристаллического фундамента охарактеризована по данным наших измерений на образцах из глубоких параметрических скважин [Голованова, 2005].

Температурное поле изучаемого региона неоднородно, и неоднородность возрастает с увеличением глубины. Температура изменяется от 66 до 134 °С на отметке –5 000 м и от 117 до 227 °С на отметке –10 000 м. На обеих картах повышенными значениями температуры выделяются южный купол Татарского свода и Мраковская впадина. Пониженные значения температуры отмечаются на северо-востоке территории в Юрюзано-Айской впадине, в северо-западной части и в районе Бирской седловины. Тепловое поле в определенных зонах сильно дифференцировано. Так как распределение плотности теплового потока на изучаемой территории относительно однородно, то неоднородности температурного поля можно объяснить распределением пород с различными теплофизическими и емкостными свойствами, т.е. литолого-фациальной характеристикой разреза. Возможно также влияние циркуляции подземных вод по проницаемым зонам, однако этот вопрос требует дополнительного изучения.

Полученные результаты в комплексе с другими геофизическими данными позволят более обосновано оценивать перспективы нефтегазоносности глубоких горизонтов осадочного чехла платформенной части Республики Башкортостан. Предложенный подход может быть использован и в других регионах.

Литература

- Голованова И.В.* Тепловое поле Южного Урала. М.: – Наука, 2005. 189 с.
- Голованова И.В., Пучков В.Н., Сальманова Р.Ю. и др.* Новый вариант карты теплового потока Урала, построенный с учетом влияния палеоклимата / Доклады Академии наук. 2008. Т. 422, № 3. С. 394–397.
- Демежко Д.Ю.* Геотермический метод реконструкции палеоклимата (на примере Урала). – Екатеринбург: УрО РАН, 2001. 144 с.
- Любимова Е.А.* Термика Земли и Луны. – М.: Наука, 1968. 279 с.
- Христофорова Н.Н., Непримеров Н.Н., Христофоров А.В. и др.* Тепловой режим и оценка перспектив нефтегазоносности Приволжского региона / Георесурсы. 2004. № 1(15). С. 24–27.
- Христофорова Н.Н., Христофоров А.В., Бергеманн М.А.* Анализ геотермических карт и перспективы нефтегазоносности глубинных отложений (на примере Республики Татарстан) / Георесурсы. 2008. № 3(26). С. 10–12.