

Геотермические модели каналов глубинного тепломассопереноса в западной части Бухаро-Хивинского палеорифта

А.А. Абидов, А.А. Поликарпов, У.Н. Рахматов
(ОАО «ИГИРНИГМ»)

Согласно микстгенетической схеме природного синтеза углеводородов [1], на РОВ существенно воздействуют потоки глубинных флюидов - продуктов дегазации и дегидратации земной коры и верхней мантии. Они обладают избыточной по отношению к вмещающим породам температурой и, поднимаясь к поверхности земли по каналам глубинного тепломассопереноса (ГТМП), образуют аномалии плотности теплового потока (ПТП). Последние выявлены в пределах Бухаро-Хивинского палеорифта в результате картирования масштаба 1:500000 [2]. По статистике скопления углеводородов пространственно связаны с каналами ГТМП и размещаются, как правило, на некотором удалении от них. Таким образом, термоаномалии могут служить в качестве одного из поисковых признаков местоположения погребенных под осадочным чехлом активных каналов ГТМП, а также прогнозирования размещения месторождений, поскольку играют определенную роль в формировании скоплений УВ.

Наиболее объективные геотермические данные дает термометрия в буровых скважинах глубже залегания нейтрального температурного слоя. Однако при неоспоримых достоинствах она обладает существенным недостатком: измерения температуры проводятся спустя определенное время после окончания бурения скважин. На неизученных территориях для выявления геотермических аномалий необходимо использовать методы, опережающие бурение, например, полевую геотермическую съемку (ПГС). С ее помощью исследование можно проводить на новых площадях в нужном масштабе.

В 2003–2004 гг. впервые в Узбекистане совместными усилиями ОАО «ИГИРНИГМ» и ОАО «Узбекгеофизика» в пределах западной части Бухаро-Хивинского палеорифта с целью картирования скрытых под осадочным чехлом активных каналов ГТМП использован метод ПГС. Температура измерялась на глубине 2 м вдоль трех эталонных геотраверсов, отработанных МТЗ [3] и высокоточной гравиметрией общей длиной 278 км. По ним Ф.Г. Долгополовым и У.Н. Рахматовым построены регулярные геологические разрезы, что дало надежную геологическую основу для моделирования теплового поля в пределах земной коры. Полевые измерения проводились по методике [4], усовершенствованной авторами статьи.

Температура, зафиксированная на профилях ПГС с погрешностью $0,03^{\circ}\text{C}$ и приведенная к моменту времени 10 ч 15 мая 2003 г., изменялась в пределах $12\text{--}23^{\circ}\text{C}$ при средней $17,7$ и стандартном отклонении 1°C . Экспериментальные данные обработаны фильтром, исключающим грубые ошибки и сглаживающим ряды наблюдений (рис. 1).

Согласно физико-геологическим моделям строения земной коры по профилям ПГС рассчитана фоновая составляющая регионального распределения ПТП через земную поверхность ($q_{\text{р.ф.}}$), соответствующая сумме плотности потока, обусловленного тепловыделением рассеянных в земной коре естественных радиоактивных элементов, и подтока тепла из верхней мантии. Радиогенная составляющая его в исследованном районе варьирует в пределах $28\text{--}37\text{ мВт/м}^2$ (средняя 36). При региональном фоне плотности в БХНГР 69 мВт/м^2 из мантии поступает 30 мВт/м^2 . Для сравнения распределений плотности теплового потока и температуры вблизи поверхности на профилях ПГС нанесено значение, отвечающее геотермическим градиентам в глубоких буровых скважинах (кривые $q_{\text{г.г.}}$). Температурные кривые на глубине 2 м более дифференцированы, чем соответствующие им интерполированные величины ПТП. Это свидетельствует о гораздо большей детальности изучения распределения температуры. Профиль ПГС-3 в самом начале пересекает открытую ранее интенсивную (до 120 мВт/м^2) Тегерменскую аномалию ПТП, которая четко проявляется в увеличении температуры на глубине 2 м от земной поверхности на $3,5^{\circ}\text{C}$ относительно средней. Всего методом ПГС выявлены 9 положительных и 2 отрицательные аномалии, превышающие стандартное отклонение от $0,3$ до $4,5^{\circ}\text{C}$. При этом подтверждены и детализированы уже известные Тегерменская и Южно-Гужайлийская, а также выявлен ряд новых положительных аномалий, расположенных в зонах глубинных разломов и связанных с тепломассопереносом по каналам ГТМП.

Теоретически прямая линейная зависимость между ПТП и температурой на глубине первых метров от поверхности земли определяется по уравнению теплопроводности, учитывающему внешние нестационарные тепловые влияния [4]. На основе экспериментальных данных получена зависимость $T(q) = 0,04q + 14$ (или $q(T) = 25(T - 14)$). Рассчитанные по ней распреде-

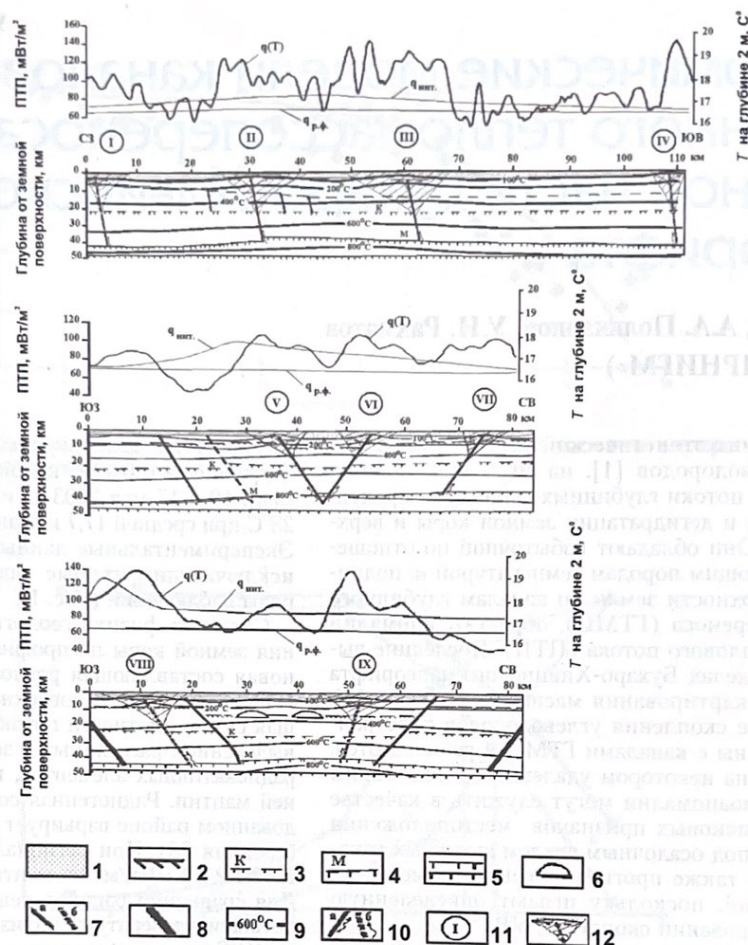


Рис. 1. Геотермические модели каналов ГМП по профилям полевой геотермической съемки:

1 - осадочно-терригенные отложения мезозоя и кайнозоя; 2 - кровля палеозойского кристаллического фундамента; 3 - граница Конрада; 4 - граница Мохоровичича; 5 - реликт мантийного диапира; 6 - реликты осевой дайки; 7 - сквозькоровые разломы: а - установленные, б - предполагаемые; 8 - глубинные разломы, ограничивающие палеорифт; 9 - изотермы; 10 - каналы ГМП: а - установленные, б - предполагаемые; 11 - номера каналов ГМП, соответствующие номерам на карте плотности теплового потока западной части Бухаро-Хивинского палеорифта; 12 - зоны anomalously высоких температур, обусловленных тепломассопереносом по каналам ГМП; кривая $q(T)$ - распределение температур (Т) и функционально связанной с ней ПТП (q); q_{p-f} - фоновая составляющая регионального распределения ПТП; q_{int} - ПТП, интерполированная с карты масштаба 1:500000

ления плотности теплового потока по профилям ПГС-1, 2, 3 показаны на рис.1 под индексами $q(T)$. Они позволили детализировать карту ПТП в западной части БХНГО до масштаба 1:200000 (рис. 2).

Отмечаются следующие характерные элементы распределения плотности теплового потока:

1) общее повышение ПТП над палеорифтом до 80 мВт/м² и более, что обусловлено поднятием мантийных пород, имеющих теплопроводность на 30% выше, чем слагающие земную кору. Благодаря этому мантийный диапир действует как дополнительный источник тепла, увеличивая геотермический градиент в пре-

делах земной коры и ПТП над ним. Учитывая, что поднятие границы «М» установлено только в линейном сечении профиля ГСЗ Фараб - Тамдыбулак, полученные данные помогут уточнить горизонтальные размеры и конфигурацию мантийного диапира;

2) выделение на общем повышенном фоне теплового потока интенсивных положительных аномалий с максимумом до 140 мВт/м² и двух отрицательных с минимумом около 40 мВт/м², тяготеющих к зонам разломов. Тегерменская аномалия расположена в зоне пересечения глубинного разлома, ограничивающего центральный грабен палеорифта с юга, с разло-

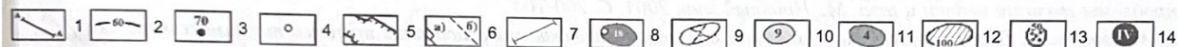
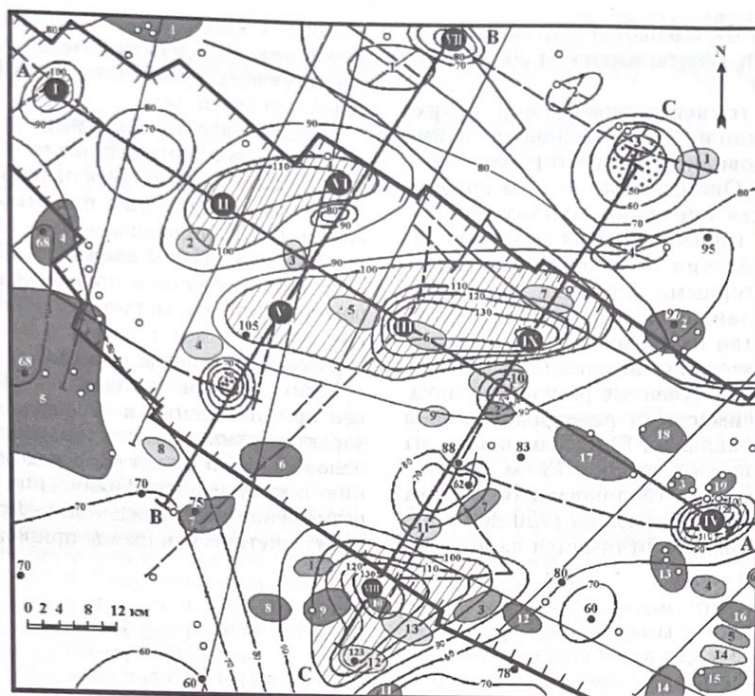


Рис. 2. Карта распределения плотности теплового потока в западной части Бухаро-Хивинского палеорифта:

1 - профили полевой геотермической съемки 2003-2004 гг.: А-А - ПГС-1, В-В - ПГС-2, С-С - ПГС-3;
 2 - изотермы; 3 - пункты её определения и значения, мВт/м²; 4 - местоположение параметрических буровых скважин; 5 - границы Бухаро-Хивинского палеорифта; 6 - разломы в палеозойском комплексе пород по данным комплексной интерпретации сейсмических и гравимагнитных материалов: а-установленные, б-предполагаемые; 7 - линии сейсмических профилей ГСЗ и глубинного ОГТ; 8 - скопления УВ: месторождения газа - 1-Ташкудук, 2-Чукуркуль, 3-Зап.Кокчи; газонефтяные - 4-Ходжи, 5-Кандым, 6-Кувачи, 7-Алат, 8-Зап.Тегермен, 9-Тегермен, 10-Вост.Тегермен, 11-Узуншор, 12-Сев.Шады, 13-Гавана, 14-Денгизкуль-Хаузак-Шады, 15-Денгизкуль, 16-Зап.Крук, 17-Чандыр, 18-Джангуль, 19-Каландар;
 9 - структуры с отрицательными результатами бурения: 1-Атбакар, 2-Рометан, 3-Галаасия, 4-Свердлова;
 10 - структуры, выделенные, по геофизическим данным: 1-Вост.Галаасия, 2-Гужайли, 3-Джумабай, 4-Южн.Гужайли, 5-Базарбай, 6-Зап.Бештепе, 7-Зап.Чукуркуль, 8-Вост.Кандым, 9-Касабаят, 10-Бештепе, 11-Баят, 12-Гиждуван, 13-Колдик, 14-Сев.Бадахшан; 11 - структуры, подготовленные к бурению: 1-Сев.Тегермен, 2-Кумсултан, 3-Хамза, 4-Каранкуль, 5-Ходича, 6-Кукча, 7-Мешекли; 12 - области с аномально высокими (>100 мВт/м²) значениями ПТП; 13 - области с аномально низкими (<50 мВт/м²); 14 - местоположение каналов ГТП: I-Ташкудукский, II-Гужайлийский, III- Зап.Бештепинский, IV-Зап.Кокчинский, V-Южн.Гужайлийский, VI-Мурадкудукский, VII-Атбакарский, VIII-Тегерменский, IX-Бештепинский

мами северо-восточного простирания в палеозойском основании. К ним приурочены Ташкудукская (I) и Атбакарская (VII) аномалии, остальные расположены в установленных или предполагаемых по геофизическим данным зонах разломов в палеозойском основании, за исключением Гужайлийской и Мурадкудукской, где также возможны разрывные нарушения. Отрицательные аномалии обусловлены нисходящей фильтрацией подземных вод, вызывающей охлаждение окружающих пород и, как следствие, уменьшение теплового потока к поверхности земли.

Геотермическая модель канала ГТП - это распределение температуры, обусловленное взаимодействием стационарного теплового поля земной коры и изменяющегося во времени теплового поля вокруг каналов ГТП благодаря движению по ним глубинных флюидов. Расчет стационарного теплового поля выполнен по уравнению теплопроводности [5]. В исследованном районе глубина залегания изотерм колеблется в пределах: 100°C - 3-4 км, 200°C - 7-9,7, 400°C - 15-25, 600°C - 24-40 км. Температура 800°C характерна для подошвы земной коры, однако при

поднятии границы «М» высокотеплопроводные породы верхней мантии «подтягивают» за собой и более высокую (рис. 1).

Моделирование температурного поля вокруг каналов ГТМП выполнено на основе решения уравнения теплопроводности, адаптированного к этому процессу [2]. Оно базировалось на подборе двух неподдающихся предварительному определению параметров: горизонтальных размеров канала и времени действия теплообмена канала с окружающими его горными породами. Основным критерием соответствия модели реальному объекту является равенство наблюдаемых и расчетных значений температуры в подошве осадочного чехла над каналом ГТМП. Полученные результаты показывают, что в зависимости от размеров тепловой аномалии ширина канала ГТМП изменяется от 400 до 2000 м, составляя в среднем 730 м. Начальная температура флюида-теплоносителя во всех случаях колеблется незначительно (750-800°C), а время активизации каналов отличается на порядок

и более: у «молодых» - Бештепинского и Западно-Кокчинского - десятки тысяч, у продолжительно действующих Уртабулакского и Газлийского - примерно миллион лет.

В результате выполненных работ построена более детальная карта теплового потока западной части Бухаро-Хивинского палеорифта, на которой уточнены контуры уже известных положительных аномалий и выявлены новые, связанные с тепло-массопереносом по каналам ГТМП. Геотермическим моделированием определены их основные параметры, что позволяет установить термобарические условия зон теплового влияния каналов на окружающие горные породы.

Метод полевой геотермической съемки эффективен при выявлении и моделировании физических характеристик скрытых под осадочным чехлом каналов ГТМП и может быть рекомендован к включению в комплекс геофизических методов прогноза размещения месторождений нефти и газа с позиций микстгенетической схемы природного синтеза УВ.

ЛИТЕРАТУРА

1. Абидов А.А., Долгополов Ф.Г. Микстгенетическая схема природного синтеза углеводородов // *Современные проблемы геологии нефти и газа*. М.: Научный мир, 2001. С. 260-264.
2. Абидов А.А., Поликарпов А.А. Численное термодинамическое моделирование процесса тепло-массопереноса // *Узбекский журнал нефти и газа*, 2000, №2. С. 11-16.
3. Abidov A.A., Fox L., Ingerov A.I., Dolgoplov F.G., Babadjanov T.L., Basov M.D. and other. Exploration for deep Paleozoic sediments in Uzbekistan using MT: project "Paleorift". Published by the company "Phoenix Geophysics Limited" Canada. Toronto, 2002. P. 1-4.
4. Чекалюк Э.Б., Федорцов И.М., Осадчий В.Г. Полевая геотермическая съемка. Киев: Наукова думка, 1974. С. 304.
5. Тихонов А.Н., Самарский А.А. Влияние радиоактивного распада на температуру земной коры. Уравнения математической физики. М.: Наука, 1977. С. 250-255.

Annotation

Geothermal channel models of deep heatmasstransfer received according to the results of first performed field geothermal survey in the limits of Bukhara-Khiva are offered. Correlation between temperature and interground heat flow is defined on the depth of 2 m from the Earth's surface. The recommendation is made on including the given method into the complex of geophysical forecasting methods of oil and gas distribution from positions of mixed-genetic scheme of natural hydrocarbons synthesis to reveal channels of deep heatmasstransfer hidden under sediments.