

Н.Н. Христофорова¹, А.В. Христофоров¹, М.А. Бергеманн²¹Казанский государственный университет, Казань²Max-Planck Institute for Extraterrestrial Physics & Ludwig-Maximilian University, Munich, Germany
nkhristo@ksu.ru; akhristo@ksu.ru, mbergema@usm.lmu.de

АНАЛИЗ ГЕОТЕРМИЧЕСКИХ КАРТ И ПЕРСПЕКТИВЫ НЕФТЕГАЗОНОСНОСТИ ГЛУБИННЫХ ОТЛОЖЕНИЙ (НА ПРИМЕРЕ РЕСПУБЛИКИ ТАТАРСТАН)

На основе экспериментальных высокоточных измерений температуры в глубоких и сверхглубоких скважинах, проведенных на территории Татарстана, построены карты изотерм по кровле кристаллического фундамента и на различных глубинах до 12 км. Для всех глубин характерна ярко выраженная неоднородность теплового поля. Зоны с повышенными значениями температуры, свидетельствующие о высоких тепловых потоках из недр, и, соответственно, о высокой степени раздробленности и трещиноватости горных пород и наличии интенсивных процессов конвективного теплопереноса, могут быть рекомендованы для глубинного разбуривания.

1. Построение геотермических карт

В данной работе исследовано распределение температуры по разрезу до глубины 12 км. Построена карта распределения температуры по кровле кристаллического фундамента (Рис. 1). Она дополняется картой-схемой распределения изотерм на абсолютной отметке 12 км (Рис. 2). Для изучаемого региона такие карты построены впервые.

Геотермические карты составлены с использованием материалов кафедры радиоэлектроники Казанского университета (Н.Н. Христофорова, Н.Н. Непримеров, А.В. Христофоров и др., 1965 – 2006 гг.). Использованы изолинии кровли фундамента по Е.Д. Войтовичу (ТГРУ, 2003).

Всего для территории Татарстана были определены и рассчитаны значения температуры по кровле кристаллического фундамента более чем в 1300 скважинах. В пределах Восточного Татарстана экспериментально измерена температура в 820 глубоких длительно-ростаивающих скважинах с

восстановленным тепловым режимом, на основе которых определялась температура в фундаменте.

В тех скважинах, которые не вскрыли фундамент, расчет температуры в кристаллическом фундаменте в пределах Татарского свода и окружающих территорий проводился по формуле (Христофорова, 2006):

$$T_b = T_p + \sum q_d \Delta H_i / \lambda_i \quad (1)$$

где T_b – температура на кровле кристаллического фундамента (или глубже);

T_p – температура в конечной точке замера;

q_d – глубинный тепловой поток в данном месте;

ΔH_i – толщина i -го горизонта (невскрытых отложений);

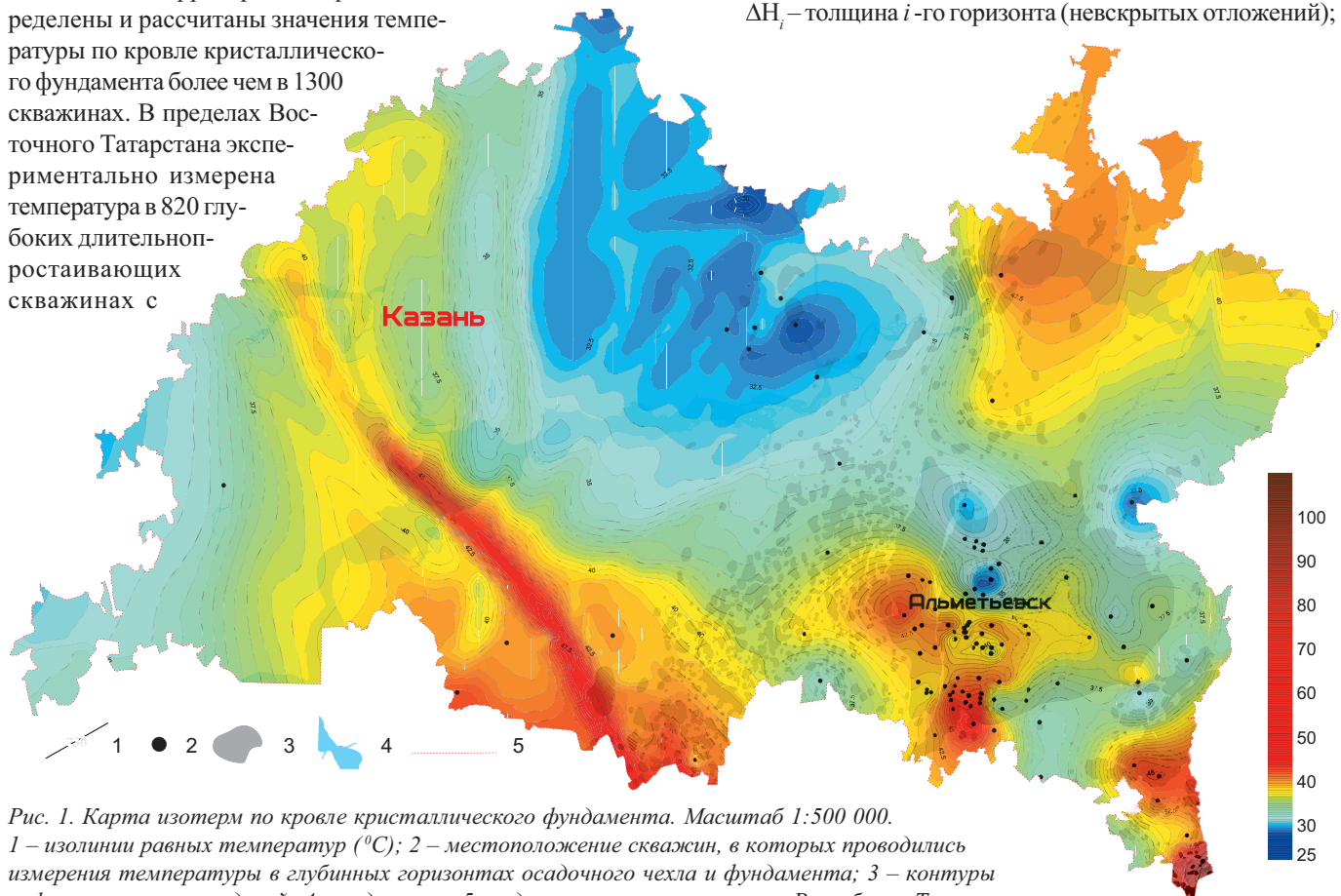
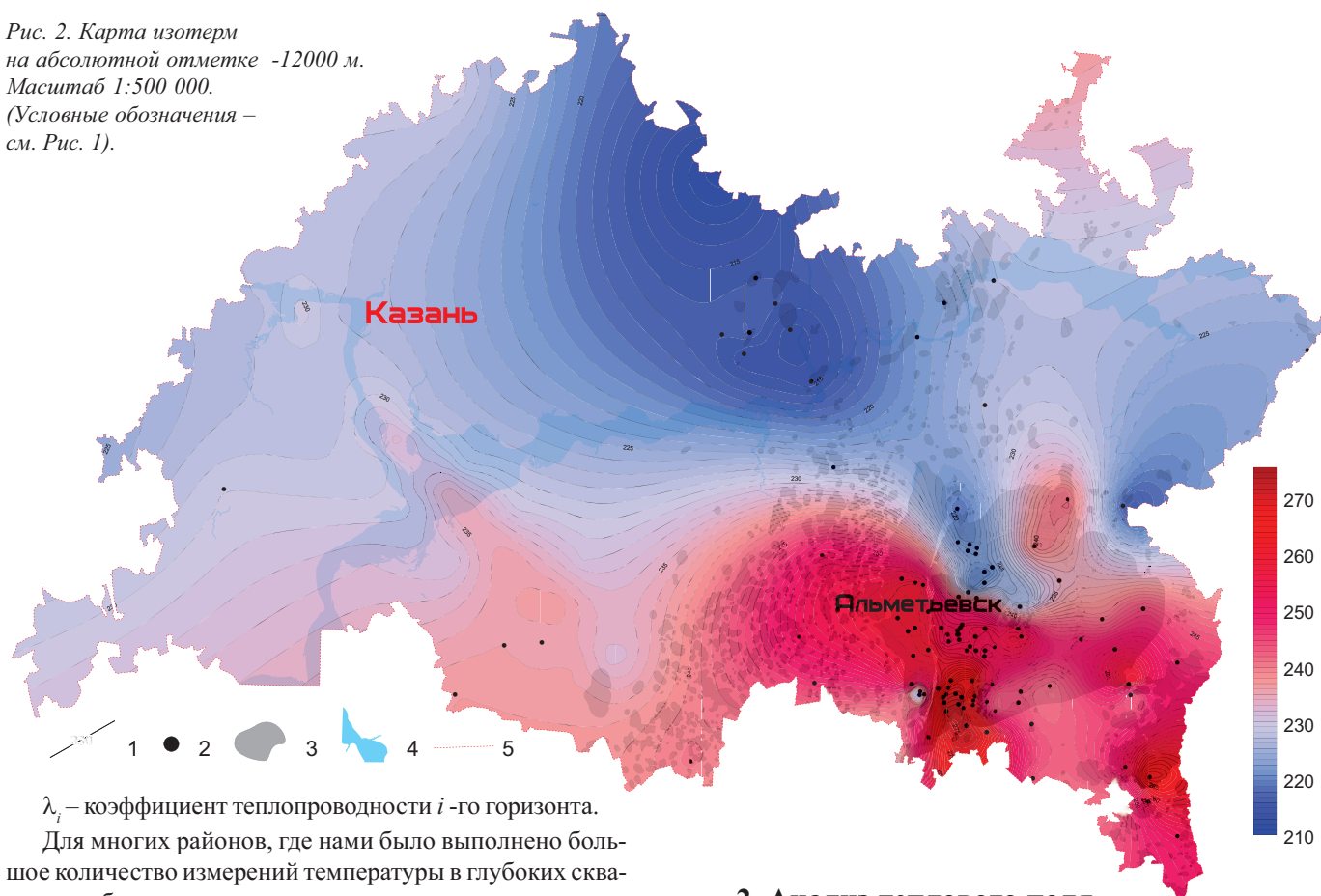


Рис. 1. Карта изотерм по кровле кристаллического фундамента. Масштаб 1:500 000.

1 – изолинии равных температур ($^{\circ}\text{C}$); 2 – местоположение скважин, в которых проводились измерения температуры в глубинных горизонтах осадочного чехла и фундамента; 3 – контуры нефтяных месторождений; 4 – гидросеть; 5 – административная граница Республики Татарстан.

Рис. 2. Карта изотерм на абсолютной отметке -12000 м. Масштаб 1:500 000. (Условные обозначения – см. Рис. 1).



λ_i – коэффициент теплопроводности i -го горизонта.

Для многих районов, где нами было выполнено большое количество измерений температуры в глубоких скважинах и были известны значения геотермических градиентов в нижних слоях осадочной толщи, расчетная формула существенно упростилась:

$$T_b = T_p + \sum G_i \Delta H_i \quad (2)$$

где G_i – геотермический градиент нескрытых отложений осадочного чехла (как правило, это отложения среднего девона в интервале глубин 1750 – 1800 м) в данном месте. При этом, погрешность при определении температуры на кровле фундамента составила не более 0,5 – 1 °С, в зависимости от района исследования и глубины замера. При расчете глубинных температур на срезах учитывался рельеф местности.

В Западном Татарстане экспериментально измерены и на их основе определены температуры на кровле фундамента в 45 скважинах. Примерно в 350 скважинах Западного Татарстана проведен расчет температуры по известным значениям кровли кристаллического фундамента по следующей формуле:

$$T_b = a H_b + b \quad (3)$$

где H_b – глубина залегания кровли кристаллического фундамента в данном месте (скважине);
 a и b – эмпирические коэффициенты.

Формула (3) была найдена эмпирическим путем, на основе всех экспериментально изученных скважин. Ее проверка в промысловых условиях показала небольшую погрешность (порядка 2 – 3 °С), и, соответственно, возможность применения формулы в слабоизученных районах. В изученном регионе кровля кристаллического фундамента расположена на глубинах от ~1500 м до более чем 6000 м.

2. Анализ теплового поля и распределение месторождений нефти

Для глубинных отложений Татарского свода и окружающих районов характерна ярко выраженная неоднородность теплового поля (Рис. 1-2). Перепады в изменении температуры на срезе 12 км составляют более 60 °С в пределах Республики Татарстан. Перепады температуры по кровле кристаллического фундамента достигают более 20 °С в пределах Татарстана (исключая районы крайнего юго-востока). С учетом районов крайнего юго-востока РТ перепады температур по кровле фундамента достигают 90 °С.

Таким образом, наблюдается колоссальная разница в температурах для глубинного теплового поля даже такого небольшого региона, как территория Татарстана.

Нефтяные месторождения Татарстана сосредоточены в его юго-восточной зоне. На рисунке 1 мы видим, что это зона выделяется повышенными значениями температуры и тепловых потоков на всех глубинах, вплоть до 12 км.

По всему разрезу наблюдается значительное различие в температуре Северного и Южного куполов Татарского свода, то есть двух крупных структурных элементов одного геологического образования (причем, с весьма схожим литолого-стратиграфическим разрезом). Такой перепад в температурах обусловлен, главным образом, различным глубинным тепловым потоком, идущим из недр Земли, а также вариациями конвективной составляющей теплового потока, связанной с движением подземных вод.

Тепловое поле связано с распределением залежей углеводородов: сравним, к примеру, «холодный» Северный купол с небольшими запасами нефти и «теплый» Южный купол, на котором расположены все основные нефтяные месторождения республики, включая супергигантское Ромашкинское нефтяное месторождение.

Неоднородность в тепловом поле порождает помимо вертикальной, еще и горизонтальную составляющую теплового потока, направленную в сторону областей с пониженными значениями температуры.

Наблюдаемые перепады в температуре в значительной степени определяют пути миграции нефти и газа (явление тепло-массопереноса) и тесно связаны с процессами формирования залежей углеводородов и, соответственно, их распределением по площади региона.

3. Перспективы нефтегазоносности глубинных отложений

Для Татарского свода, как и для Волго-Уральского региона в целом, наблюдается закономерность: чем выше температура отложений, тем более подходящие условия существуют для образования углеводородов и формирования залежей нефти (Христофорова и др., 2004). Другими словами, чем «теплее» район, тем более высоки перспективы его нефтегазоносности.

Анализ полученных геотермических карт (Рис. 1, 2) и разрезов позволяет сделать предварительную оценку перспектив нефтегазоносности глубинных отложений Татарского свода и окружающих регионов.

Основные выводы по результатам изучения глубинного теплового поля заключаются в следующем.

1. Глубинные горизонты Южного купола Татарского свода, особенно в пределах площадей Куак-Башская, Южно-Ромашкинская, Ново-Елховская, Бавлинская, являются исключительно перспективными. С глубиной здесь возрастают количество коллекторов, трещиноватость и раздробленность пород кристаллического фундамента. Обнаруженные резкие перепады в тепловом поле, высокие температуры и давления, как дополнительные признаки нефтегазоносности, подтверждают перспективы больших глубин.

2. В пределах Северного купола Татарского свода и его склонов мы видим следующее: на всех глубинах здесь расположена зона низких температур, и поэтому перспективы его в целом невысоки. Но в кровле кристаллического фундамента здесь могут быть открыты небольшие залежи нефти. Это подтверждается наличием на термограммах хороших коллекторов в кровле фундамента как Северного купола, так и зоны Камско-Кинельских дислокаций.

3. В Западном Татарстане исключительно перспективной является узкая «прогретая» полоса повышенных температур северо-восточного простирания (Рис. 1, 2). Также перспективны могут быть северо-западные склоны погребенного Мелекесского палеосвода.

4. Северо-восточные районы Татарстана (на северо-восток от Ромашкинского месторождения, например, район Актаныша) на срезях являются более «холодными», т.е., слабоперспективными. Для бурения может быть рекомендован прогретый обширный участок, расположенный в районе Набережных Челнов и севернее.

5. В целом, по всему геологическому разрезу фиксируются повышенные значения температуры в южных районах Республики Татарстан, поэтому перспективы нефтегазоносности южных районов значительно выше, чем северных. В глубоких «прогретых» горизонтах южных районов РТ могут быть рекомендованы поисковые работы не только на нефть, но и на газ (особенно районы южнее Бавлов, площадей Куак-Башской и Шугуровской).

6. Вероятность образования залежей нефти или газа в кристаллическом фундаменте в приграничных с осадочным чехлом областях значительно выше, чем в глубинных зонах обширных поднятий фундамента. Поэтому для поиска залежей углеводородов в фундаменте рекомендуются склоны Южного купола, особенно западные, южные, юго-восточные. По этой же причине перспективными можно считать глубинные зоны северо-востока республики.

Почему же до сих пор не открыты залежи нефти в кристаллическом фундаменте Татарского свода, несмотря на интенсивные и длительные поиски?

Миграция углеводородных частиц всегда имеет определенное направление, и залежи не могут формироваться против этого направления. Допустим, что на изучаемой территории преобладает не вертикальная, снизу – вверх, а латеральная миграция флюидов (например, к таким районам относятся зоны инфильтрации поверхностных вод). Тогда в промежуточной зоне: осадочный чехол – фундамент она будет носить характер вертикальной, но сверху – вниз. В таком случае перенос углеводородных частиц будет таков, что с выступов фундамента все как бы «смывается», а в структурах с отрицательной формой рельефа (это могут быть небольшие депрессии – впадины и прогибы по фундаменту) – накапливается. Поэтому для дальнейших поисков углеводородов в кристаллическом фундаменте нами предлагаются, в качестве эксперимента, не выступы, а, напротив, отрицательные структурно-тектонические элементы, то есть депрессии.

Заключение

Построенные геотермические карты рекомендуется использовать при проведении поисково-разведочных работ на нефть и газ в глубинных горизонтах как осадочной толщи, так и кристаллического фундамента, особенно в пределах малоизученных районов Западного Татарстана.

В целом, для успешного изучения глубинных пород, в дальнейшем желательно как можно большее вскрытие кристаллического фундамента в пределах различных структурно-тектонических элементов. В комплексе с другими методами, необходимы измерения в скважинах температуры и определения тепловых потоков. Зоны с высокими значениями температуры и термоградиентов по разрезу, свидетельствующие о повышенных тепловых потоках из недр, и, соответственно, о высокой степени раздробленности и трещиноватости горных пород и наличии конвективного теплопереноса, могут быть рекомендованы как перспективные.

Работа выполнена по заказу Министерства экологии и природных ресурсов Республики Татарстан. Мы признательны сотрудникам МЭПР, Казанского университета, ОАО «Татнефть», Татарского геолого-разведочного управления, сотрудникам различных НГДУ и других организаций за всестороннюю помощь в организации работ и проведении исследований. Особая благодарность сотрудникам ТГПУ за предоставленные данные по изолиниям кровли фундамента.

Литература

Христофорова Н.Н. (отв. исп.). Изучение динамики геотермических полей глубинных отложений Татарского свода с целью оценки перспектив их нефтеносности. Отчет по Гос. контракту. МЭПР. № 80-07-006. (Фондовые материалы). Казань. 2006.

Христофорова Н.Н., Христофоров А.В., Непримеров Н.Н. и др. Тепловой режим и оценка перспектив нефтегазоносности Приволжского региона. *Георесурсы (научно-техн. журнал)*, N 1 (15). Казань: Изд-во Казанского университета. 2004. 23-26.