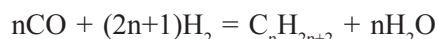


ВОЗМОЖНОСТИ АБИОГЕННОГО СИНТЕЗА НЕФТЯНЫХ УГЛЕВОДОРОДОВ В НЕДРАХ КРИСТАЛЛИЧЕСКОЙ ЗЕМНОЙ КОРЫ ТАТАРСТАНА

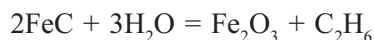
Рассмотрена возможность глубинного образования нефтяных углеводородов. Предложен еще один эндогенный способ синтеза углеводородов в процессах флюидно-магматического преобразования кристаллической земной коры под действием восходящих восстановленных глубинных флюидов.

Ключевые слова: генезис нефти, эндогенная нефть, земная кора, мантия, флюид, магма, анатексис.

В последнее время теории абиогенного синтеза нефти придается все большее значение (Plotnikova, 2008). Эндогенный генезис углеводородов нефтяного ряда находит подтверждение в фактах наличия углеводородных газов, главным образом, метана в вулканических эманациях и в изверженных породах кристаллического фундамента платформ (Зубков, 2009). Эндогенное происхождение нефти объясняется синтезом углеводородов из оксидов углерода и водорода по реакции Фишера – Тропша:



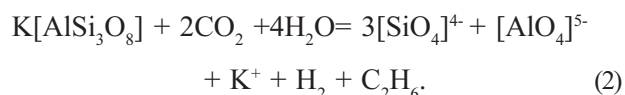
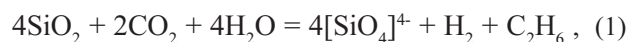
или путем взаимодействия воды с карбидами металлов по реакции Энглера:



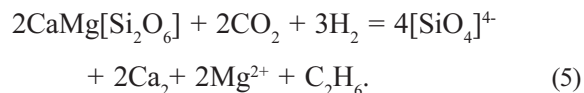
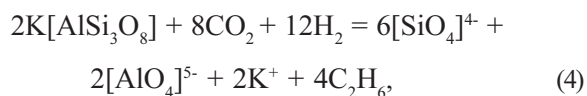
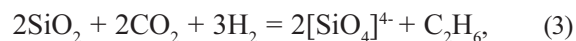
в процессах дегазации глубинных геосфер Земли и взаимодействии глубинных восстановительных флюидов с кристаллическими породами земной коры.

Нами предлагается еще один эндогенный способ синтеза углеводородов в процессах флюидно-магматического преобразования кристаллической земной коры под действием восходящих восстановленных глубинных флюидов. В верхней коре выше границы Конрада главными компонентами этих флюидов являются H_2O и CO_2 . Наличие воды во флюидах вызывает существенное понижение температуры плавления кварца и полевых шпатов гранито-гнейсового слоя земной коры, что проявляется в развитии здесь процессов анатексиса, т.е. выплавление кварца и полевого шпата уже при температурах порядка 550-600°C. В структурах кварца и полевых шпатов кремнекислородные тетраэдры образуют трехмерный каркас, и котором каждый ион кислорода структуры одновременно принадлежит двум соседним тетраэдрам. Поэтому величина отношения $\text{O}:(\text{Si},\text{Al})$ в структурах кварца и полевых шпатов составляет 2:1. В расплаве этих минералов каждый ион Si^{4+} окружается четырьмя ионами O^{2-} , которые принадлежат только ему. Поэтому в расплаве кварца и полевых шпатов величина отношения $\text{O}:(\text{Si},\text{Al})$ может достигать 4:1. Значит среда анатексиса, т.е. среда выплавления кварца и полевого шпата из пород коры, должна испытывать нехватку кислорода и повышать свой восстановительный потенциал. Недостающие ионы кислорода могут браться из флюидных компонент среды анатексиса, главными из которых являются H_2O и CO_2 . Так как энергия связи Si-O (856 кДж/моль) значительно превосходит энергию связи H-O

(226 кДж/моль) и энергию связи C-O (394 кДж/моль). Поэтому заимствование ионами кремния ионов кислорода у молекул H_2O и CO_2 может приводить к восстановлению водорода и образованию углеводородных соединений нефтяного ряда, например по реакциям:



В условиях нижней коры, т.е. ниже границы Конрада, восходящий глубинный флюид является безводным и его главными компонентами здесь являются H_2 и CO_2 . Анатексис здесь невозможен, но возможно обычное высокотемпературное плавление более низкотемпературных минералов субстрата кварца, полевых шпатов, пироксенов и др. и образование магматических очагов. Температура этого процесса должна быть не ниже 900°C. В этом случае образование углеводородов нефтяного ряда можно описать реакциями типа:



Приведенные реакции 1-5 показывают, что в процессах магнообразования и анатексиса возможно образование углеводородов нефтяного ряда. Чтобы выявить следы этих процессов в земной коре Татарстана нами по геофизическим материалам работы (Геология Татарстана..., 2003) был построен субширотный разрез земной коры Татарстана (Рисунок). Наиболее примечательной особенностью этого разреза является существенное (в 1,5-2 раза) увеличение мощности диоритового слоя коры в районе Южно-Татарского свода, причем это увеличение здесь сопровождается синхронным уменьшением мощности гранулитно-базитового слоя коры и небольшим воздыманием подошвы гранитно-метаморфического слоя. Это подтверждается почти одинаковыми по величине, но разными по знаку коэффициентами корреляции, подсчитан-

ными для всего разреза в целом, между глубиной залегания границы K_2 и мощностью диоритового слоя ($R=0,88$) с одной стороны и мощностью гранулитно-базитового слоя ($R=-0,83$) – с другой. Кроме того, выявлен отрицательный коэффициент корреляции ($R=-0,71$) между мощностью диоритового слоя и мощностью гранулитно-базитового слоя. Все это свидетельствует о существенной дифференциации вещества земной коры Татарстана, причем наиболее значительной она оказывается в районе Южно-Татарского свода.

Главными в дифференциации вещества земной коры являются два процесса: флюидно-магматический и флюидно-метаморфический (Бахтин, 2008; Бахтин и др., 2004). В нижней коре, т.е. в ее гранулитно-базитовом слое (ниже границы Конрада K_2) ведущим является флюидно-магматический процесс дифференциации вещества под воздействием восходящих мантийных флюидов. Роль флюидно-метаморфической дифференциации здесь, видимо, была незначительной, т.к. мантийные флюиды в нижней коре являются маловодными и поэтому не обладали хорошей растворяющей и транспортирующей способностью. Зато эти флюиды были высоконагретыми, несли тепло мантии и поэтому могли порождать в гранулитно-базитовом слое очаги магнообразования. В этих очагах последовательность перехода химических элементов в расплав описывается следующим рядом понижающейся подвижности петрогенных элементов $K-Na-Si-Al-Ti-Fe-Ca-Mg$. Неполнота плавления и его фракционность приводят к тому, что более подвижные элементы начала ряда K, Na, Si, Al (а это элементы кислых магм) обогащают образующуюся магму и, уходя с ней вверх, производят раскисление верхней части гранулитно-базитового слоя и вышележащих диоритового и гранитно-метаморфического слоев земной коры. Это вызывает преобразование вещества верхней части гранулитно-базитового слоя в вещество типа диорита, Na-гранита, которое, как бы приключаясь к диоритовому слою коры снизу, вызывает перемещение границы K_2 вниз, уменьшение мощности гранулитно-базитового слоя и увеличение мощности диоритового слоя коры.

В верхней коре, т.е. выше границы Конрада K_2 , ведущим в дифференциации вещества является флюидно-метаморфический процесс. На границе K_2 восходящие глубинные флюиды окисляются, поэтому в них появляется вода в виде перегретого пара. Наличие воды придает этому флюиду хорошую растворяющую и транспортирующую способность. Поэтому он производит интенсивное метаморфическое (и метасоматическое) преобразование окружающих пород. Преимущественно углекислотно-водный состав этих восходящих флюидов предопределяет широкое развитие в верхней коре метаморфических процессов, сопровождаемых кислотным выщелачиванием базификантов (Ca, Vg, Fe, Ti) и явлениями анатексита, при-

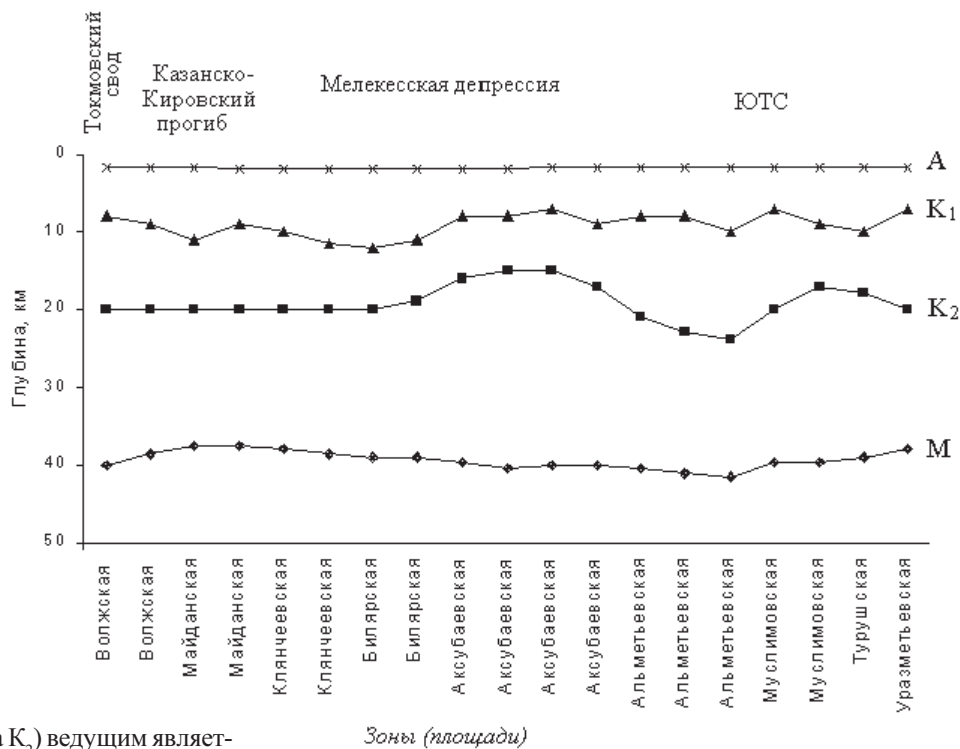


Рисунок. Разрез земной коры PT.

водящими к раскислению и гранитизации верхней коры. О широком развитии этих процессов может свидетельствовать повышенное залегание подошвы гранитно-метаморфического слоя K_1 в пределах Южно-Татарского свода и прилежащего борта Мелекесской депрессии (Рисунок). В условиях водной среды анатексиса температура плавления кварца и полевого шпата метаморфизируемых пород понижается до 550-600°C. Плавление этих минералов как показывают уравнения 1,2 может сопровождаться образованием нефтяных углеводородов.

Анализ глубинного строения земной коры Татарстана по профилю, приведенному на рисунке, показывает, что наибольшей переработке глубинными мантийными флюидами подверглась земная кора в Альметьевской зоне, в структурном плане отвечающая Южно-Татарскому своду. Это согласуется с ранее полученными результатами (Муслимов и др., 2005; Плотникова, 2004). Эта переработка кристаллической коры Татарстана наиболее интенсивно протекала в течение архейских и раннепротерозойских тектоно-магматических циклов, когда наиболее древние в Татарстане породы отрадненской серии, слагающей основной объем видимой части земной коры Татарстана, а также породы большечеремшанской серии были превращены в кристаллические сланцы, гнейсы, мигматиты, гранитоиды и образовали диоритовый и гранито-гнейсовый слои земной коры. В ходе этой переработки в ней интенсивно протекали процессы магнообразования и анатексиса, которые могли сопровождаться образованием эндогенных нефтяных углеводородов в соответствии с уравнениями 1-5.

Переработка кристаллической коры Татарстана с участием процессов магнообразования, анатексиса и образования эндогенных углеводородов, несомненно, имела место и в фанерозойский этап ее истории. Об этом свидетельствует, например, эффузивный верхнедевонский магматизм, приуроченный в основном к глубинным разло-

мам Камско-Кинельской системы прогибов. Процессы анатексиса с образованием эндогенных углеводородов, возможно, протекают и в настоящее время в низах верхней коры под Южно-Татарским сводом. Об этом могут свидетельствовать повышенные (почти вдвое) глубинные флюидные теплопотоки на Южно-Татарском своде, интенсивные восходящие неотектонические движения и достаточно высокий геотермический градиент, составляющий в Альметьевской зоне 22°C/км (Христофорова и др., 2004; Khristoforova et al., 1996). Также об этом может свидетельствовать изменение свойств пластовых вод кристаллического фундамента, изменение газонасыщенности его разуплотненных зон и, косвенно, изменения в составе нефти месторождений в процессе их эксплуатации (Ибрагимов, Плотникова, 2009; Плотникова, 2006; Nourgaliev et al., 2006; Plotnikova, 2006; 2008). Этот градиент не уменьшается с глубиной, что позволяет прогнозировать здесь на границе К2 только за счет градиента температуру порядка 530°C. С учетом привноса дополнительного тепла восходящими мантийными флюидами в участках более интенсивных флюидных потоков эта температура легко может быть повышена до температур анатексиса 550-600°C, что по реакциям 1,2 может вызвать эндогенное образование нефтяных углеводородов. Мобилизация восходящими флюидными теплопотоками этих и других углеводородов, образованных ранее и захороненных в кристаллических породах земной коры Южно-Татарского свода в предыдущие эпохи ее преобразования, по-видимому, сыграла важную роль в формировании нефтяных месторождений Южно-Татарского свода и, возможно, играет большую роль в восполнении их запасов и в настоящее время. Это подтверждается результатами исследования восходящих восстановленных флюидных систем, обусловивших как формирование высокоуглеродистых толщ, так и месторождений нефти (Геология Татарстана..., 2003; Готтих и др., 2004; 2009; Готтих, 2006).

Литература

- Бахтин А.И. История земной коры. Казань: Изд-во Казанск. ун-та. 2008. 20.
- Бахтин А.И., Лопатин О.Н., Алексеев А.В. Кристаллическая земная кора Татарстана: история и нефтеносность. *Мат-лы чтений посв. 200-летию Геологич. музея КГУ*. Казань. 2004. 33-40.
- Геология Татарстана: Стратиграфия и тектоника. М.: ГЕОС. 2003. 402.
- Готтих Р.П., Винокуров С.Ф., Писоцкий Б.И. Редкоземельные элементы как геохимические критерии эндогенных источников микроэлементов в нефти. *ДАН*. 2009. № 2. 1222-1226.
- Готтих Р.П., Писоцкий Б.И. К вопросу о формировании нефтематеринских толщ. *Георесурсы*. № 4. 2006. 6-11.
- Готтих Р.П., Писоцкий Б.И., Малинина С.С., Романов Ю.А., Плотникова И.Н. Парагенез аномальных геофизических и геохимических полей и углеводородных скоплений в Волго-Уральской нефтегазоносной провинции (на примере Южно-Татарского свода). *Геология нефти и газа*. 2004. 20-27.
- Зубков В.С. Закономерности распределения и гипотезы происхождения конденсированных нафтидов в магматических породах различных геодинамических обстановок. *Геохимия*. № 8. 2009. 778-804.
- Ибрагимов Р.Л., Плотникова И.Н. Результаты режимных наблюдений состава подземных вод кристаллического фундамента Южно-Татарского свода. *Георесурсы*. № 3(31). 2009. С. 9-13.
- Муслимов Р.Х., Глузов И.Ф., Плотникова И.Н. и др. Нефтяные и газовые месторождения – саморазвивающиеся и постоянно возобновляемые объекты. *Геология нефти и газа*. Спец. Выпуск. 2006. 43-49.

Муслимов Р.Х., Постников А.В., Плотникова И.Н. К вопросу о роли эндогенного фактора в формировании и распределении нефтегазоносности осадочных бассейнов (на примере Татарстана). *Георесурсы*. 2005. № 1(16). 37-39.

Плотникова И.Н. О возможности организации мониторинга эндогенных процессов на основе сверхглубоких скважин Республики Татарстан. *Российский геофизический журнал*. 2006. № 41-42. 89-90.

Плотникова И.Н. Особенности распределения зон коллекторов кристаллического фундамента в разрезе скв. 20009-Новоелховская. *Геология нефти и газа*. 2004. № 4. 12-18.

Христофорова Н.Н., Непримеров Н.Н., Христофоров А.В., Николаев А.В., Христофорова М.А. Тепловой режим и оценка перспектив нефтегазоносности Приволжского региона. *Георесурсы*. 2004. N 1. 24-27.

Шахновский И.М. Некоторые дискуссионные проблемы нефтяной геологии. *Геология, геофизика и разработка нефтяных и газовых месторождений*. 2003. № 2. 14-22.

Khristoforova N.N., Neprimerov N.N., Kushtanova G.G. Heat flow and mantle convection: geometry of flows. *Proc. Int. Conf. "Geometrization of Physics 11"*. Kazan. 1996. 104-118.

Nourgaliev D.K., Muslimov R.Kh., Plotnikova I.N., Sidorova N.N. Variation of i-butane/n-butane ratio in oils of the Romashkino oil field for the period of 1982-2000: Probable influence of the global seismicity on the fluid migration. *Journal of Geochemical Exploration*. 2006. № 89. 293-296.

Plotnikova I.N. New data of the present-day active fluid regime of fractured zones of crystalline basement and sedimentary cover in the eastern part of Volga-Ural region. *International Journal of Earth Sciences*. 2008. № 97. 1131-1142.

Plotnikova I.N. Nonconventional hydrocarbon targets in the crystalline basement, and the problem of the recent replenishment of hydrocarbon reserves. *Journal of Geochemical Exploration*. 2006. № 89. 89-90.

A.I. Bakhtin, I.N. Plotnikova, R.Kh. Muslimov. Possibilities of abiogenic synthesis of petroleum hydrocarbons in the depths of crystalline crust in the Republic of Tatarstan (Russia).

The possibility of petroleum hydrocarbons formation in depth is considered in the article. Authors propose yet another way of hydrocarbons endogenous synthesis in the fluid-magmatic conversion processes of the crystalline crust under the action of rising recovered deep fluids.

Keywords: genesis of oil, endogenic oil, Earth crust, mantle, fluid, magma, anatexis (refusion).

Анатолий Иосифович Бахтин

Д.геол.-мин.н., профессор кафедры минералогии и петрографии.

Ирина Николаевна Плотникова

Д.геол.-мин.н., заведующий кафедрой геологии нефти и газа. Научные интересы: теория происхождения нефти, геология и нефтеносность территории Татарстана.

Казанский (Приволжский) федеральный университет. Институт геологии и нефтегазовых технологий. 420008, Россия, Казань, ул. Кремлевская, 4/5. Тел.: (843) 233-79-83.

Ренат Халиуллович Муслимов

Д.геол.-мин.н., профессор Казанского федерального университета, Консультант Президента Республики Татарстан по разработке нефтяных месторождений.

420008, Казань, ул. Кремлевская, д. 4/5. Тел.: (843) 233-73-84.