Электронный научно-информационный журнал «Вестник Отделения наук о Земле РАН» №1(27)′2009
ISSN 1819 - 6586
URL: *http://www.scgis.ru/russian/cp1251/h_dgggms/1-2009/informbul-1_2009/hydroterm-4.pdf*

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИЗУЧЕНИЕ ФАЗОВЫХ ПРЕВРАЩЕНИЙ УГЛЕВОДОРОДОВ В ВОДНО-НЕФТЯНЫХ СМЕСЯХ ПРИ ПОВЫШЕННЫХ И ВЫСОКИХ ТЕМПЕРАТУРАХ И ДАВЛЕНИЯХ

Балицкий В.С., Бондаренко Г.В, Балицкая Л.В., Новикова М.А., Бубликова Т.М.(ИЭМ РАН)**, Пентелей С.В.**(Монпелье, Франция)
balvlad@iem.ac.ru

Ключевые слова: *флюидные включения, синтетический кварц, нефть, метан, твердые битумоиды*

Исследования проводились в связи с выяснением фазовых превращений углеводородов, происходящих в сырой нефти при взаимодействии ее с гидротермальными растворами. Опыты осуществлялись в жаропрочных автоклавах объемом 30 и 50 мл в интервале температур 180-500 ^{o}C и давлений, соответственно, в интервале 1-150 МПа. Содержание нефти в исходных водно-нефтяных смесях изменялось от 0,01 до 50 об. %. Процесс протекал в условиях прямого температурного градиента. Помимо указанных смесей, в автоклавы помещались кварцевые стержни, которые позволяли одновременно с водно-углеводородным взаимодействием выращивать кристаллы кварца с флюидными включениями. Эти включения являлись основными носителями информации о фазовых превращениях углеводородов. Включения изучались методами микротермометрии, локальной ИК-спектроскопии, флуоресцентного и люминесцентного анализов.

В результате установлено, что в области повышенных и высоких температур и давлений водно-углеводородные флюиды могут находиться в различных фазовых состояниях. Эти состояния зависят от термобарических параметров и объемных соотношений во флюидах водного раствора (L1), жидких углеводородов (L2), углеводородных газов, в основном метана (G1) и водяного пара (G2). При обычных температурах и давлениях водно-углеводородные системы представляют собой практически не растворимые друг в друге расслоенные смеси водных растворов и жидких углеводородов, а также частично растворенных в них и свободных углеводородных газов. Однако при повышении температуры и давления ситуация меняется. Когда нефть и газ находятся примерно в равных объемах, но в сумме уступают в 2-3 и более раз водному раствору, т. е. V2≈V(G1+G2) и VL1>>VL2+V(G1+G2), где V объем соответствующей фазы, то при повышении температуры до 300-330^{o}C газовая фаза полностью растворяется в жидких углеводородах и водном растворе с образованием двухфазного жидкого водно-углеводородного (L1+L2) флюида (рис. 1). Устойчивое существование подобного флюида без свободной газовой фазы удалось проследить экспериментально до температур порядка 385-405^{o}C. Содержание растворенных в водной фазе флюида жидких углеводородов (близких к легким и средним нефтяным фракциям) достигает при этом 6-8 об. %. Общая тенденция повышения растворимости жидких углеводородов в водных флюидах не исключает возможности при больших термобарических параметрах их неограниченной смесимости.

При других соотношениях фаз водно-углеводородные флюиды при высоких температурах и давлениях могут существовать как в гетерогенном, так и гомогенном состояниях, причем экспериментально показано, что переход их из гетерогенного состояния в гомогенное может осуществляться как в газовую, так и жидкую фазы. Гомогенный газовый флюид возникает при преобладании газа над нефтью и водным раствором в 3-4 и более раз, и водного раствора над нефтью в 2-3 раза, т. е. когда V(G1+G2)>>VL1+VL2 и VL1>VL2. При повышении температуры вначале наблюдается полное растворение жидких углеводородов в газе (325-335^{o}C) и только после этого, в интервале температур 350-360^{o}C, наступает полная гомогенизация флюидов в газовую фазу (рис. 2). Превышение водного раствора над газом в несколько раз, а газа - многократно над жидкими углеводородами, т. е., когда VL1>V(G1+G2) и V(G1+G2)>>VL2, приводит при 250-280^{o}C к растворению последних в газе. Затем, в интервале температур 365-380^{o}C, эта углеводородная фаза полностью растворяется в водном растворе с образованием жидкого гомогенного флюида (рис. 3). И, наконец, в случае, когда нефть превалирует над газом и водным раствором в 2-3 раза, а объемы водной и газовой фаз примерно одинаковы ((т.е. VL2>VL1+V(G1+G2) и VL1≈V(G1+G2)), вначале, при 230-280^{o}C наблюдается растворение газа

в жидких углеводородах, а затем, при температурах 350-360°С в этой жидкой углеводородной фазе полностью растворяется водный раствор (рис. 4).

В целом, исследования подтверждают существенную роль гидротермальных растворов в процессах миграции жидких и газообразных углеводородов. Указанные термобарические параметры заметно превышают температуры (на 100-200°С) и давления (на 10-100 МПа), отмечаемые в современных нефтегазоносных бассейнах. Вместе с тем, позволяют понять, в каком состоянии могут находиться и мигрировать углеводороды в зонах более глубокого метаморфизма, вызванного погружением нефтегазоносных толщ на большие глубины или прогревом их под воздействием внедрившихся магматических тел.

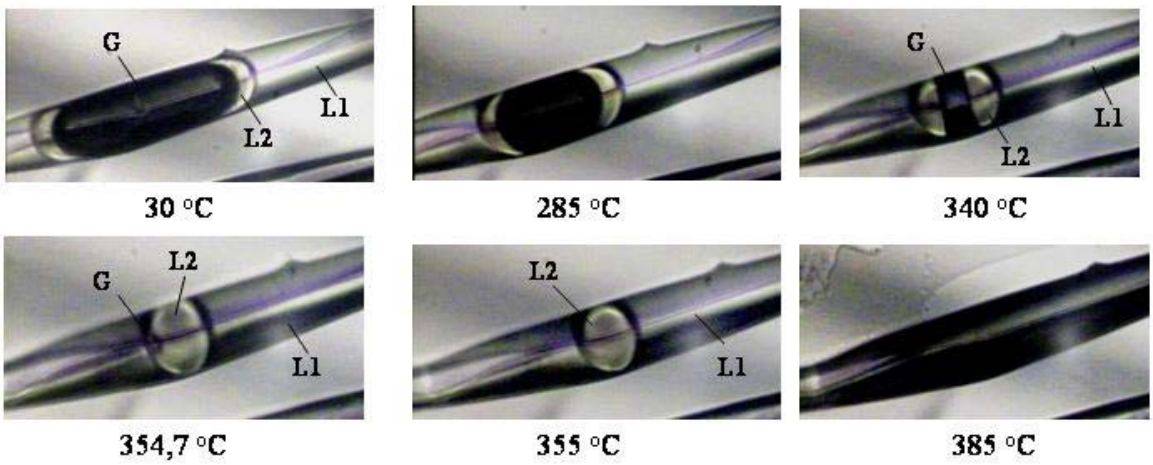
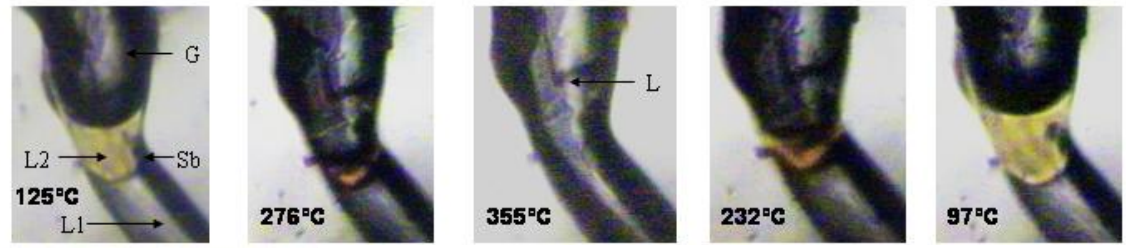


Рис.1. Фрагмент микротермограммы водно-углеводородного включения в синтетическом кварце с соотношением фаз: VL1> V G+VL2 and V G≥ VL2, где V - объем фазы во включении, L1 - водный раствор, L2 - жидкие углеводороды, G - газ (в основном метан + водяной пар. Условия захвата включения: водный раствор 7 мас. % Na_2CO_3 + 10 об. % нефти, T=490°C, P=150 MPa



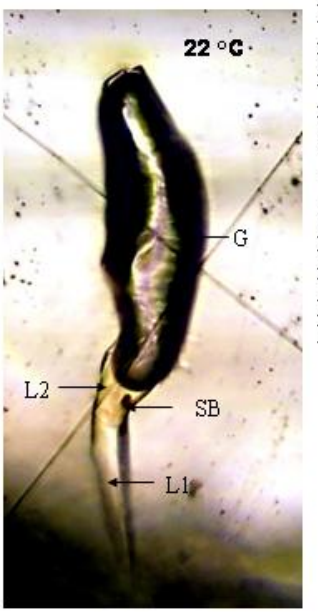


Рис.2. Внизу слева-существенно газовое включение в синтетическом кварце с соотношением фаз: VG>>VL2 and VG+VL2>>VL1, где V - объем фазы во включении, L1 – водный раствор, L2 - жидкие углеводороды, SB – твердый битум, G - gas (в основном метан + водяной пар). Верхний ряд: фрагмент микротермограммы включения. Жидкие углеводороды полностью растворяются в газе при T=335°C (L - гомогенный водно-углеводородный флюид). Условия захвата включения: водный раствор 3 мас. % Na_2CO_3 + 10 об. % нефти, T=490°C, P=150 MPa

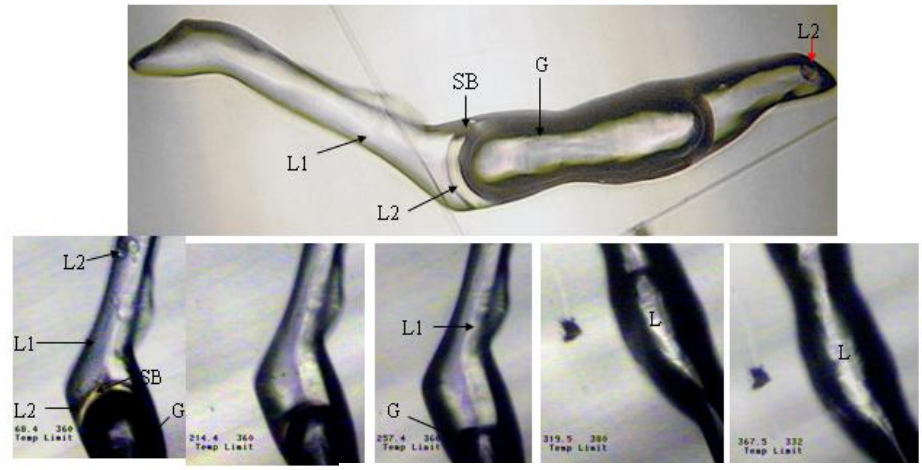


Рис.3. Вверху: водно-углеводородное включение с соотношением фаз: VL1≥ (VG + VL2) и VG >>VL2, где V - объем фазы во включении, L1 – водный раствор, L2 – жидкие углеводороды, SB – твердый битум, G - газ (в основном метан). Два нижних ряда: фрагмент микротермограммы включения. Жидкие углеводороды полностью растворяются в газе при T=257.4 °C. Полная гомогенизация в жидкую фазу происходит при T=367.5 °C (L – гомогенный флюид). Условия захвата включения: водный раствор 3 мас. % Na_2CO_3 + 10 об. % нефти, T=490 °C, P=150 MPa

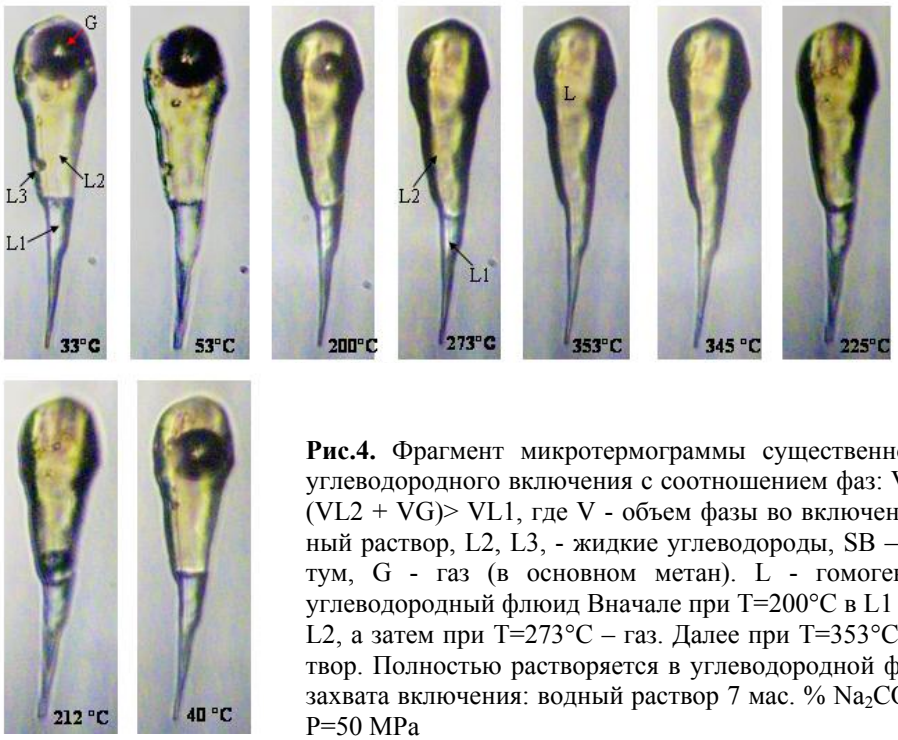


Рис.4. Фрагмент микротермограммы существенно – в одноуглеводородного включения с соотношением фаз: VL2> VG and (VL2 + VG)> VL1, где V - объем фазы во включении, L1 - водный раствор, L2, L3, - жидкие углеводороды, SB – твердый битум, G - газ (в основном метан). L - гомогенный водноуглеводородный флюид Вначале при T=200°C в L1 растворяется L2, а затем при T=273°C – газ. Далее при T=353°C водный раствор. Полностью растворяется в углеводородной фазе. Условия захвата включения: водный раствор 7 мас. % Na_2CO_3, T=300 °C, P=50 MPa

Работа поддержана РФФИ (Грант № 09-05-0074)

Вестник Отделения наук о Земле РАН - №1(27)'2009
Информационный бюллетень Ежегодного семинара по экспериментальной минералогии, петрологии и геохимии 2009 года (ЕСЭМПГ-2009)
URL: http://www.scgis.ru/russian/cp1251/h_dgggms/1-2009/informbul-1_2009/hydroterm-4.pdf
Опубликовано 1 сентября 2009 г.

© Вестник Отделения наук о Земле РАН, 1997 (год основания), 2009
При полном или частичном использовании материалов публикаций журнала,
ссылка на «Вестник Отделения наук о Земле РАН» обязательна