

УСЛОВИЯ ОБРАЗОВАНИЯ ВМЕЩАЮЩИХ ПОРОД И ЖИЛЬНЫХ ОБРАЗОВАНИЙ ПРОДУКТИВНЫХ ОТЛОЖЕНИЙ АСТРАХАНСКОГО ГАЗОКОНДЕНСАТНОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ

Н. В. Сокерина^{1,*}, Н. Н. Зыкин², С. Н. Шанина¹,
О. В. Валяева¹, С. И. Исаенко¹, М. Ю. Сокерин¹

Представлено академиком РАН А.М. Асхабовым 28.03.2016 г.

Поступило 04.08.2016 г.

Исследованы одно- (газовые) двухфазовые (водный раствор — газ) включения в кальците черемшанского горизонта башкирского яруса из скв. Правобережная-1 с глубины 4215–4217 м. Установлено, что температура гомогенизации 100–134°C, которая, вероятно, близка температуре минералообразования. Формирование кальцитовых прожилков происходило при участии гидрокарбонатно-кальциевого флюида, обогащённого хлоридами Mg. Установлено, что во включениях в кальците в основном присутствуют углекислый газ, метан, сероводород. Газовый состав включений в известняке отличается повышенным содержанием углекислого газа и наличием окиси углерода при незначительном содержании метана и сероводорода.

Ключевые слова: Астраханское газоконденсатное месторождение, включения в кальците, углекислый газ, метан, сероводород.

DOI: <https://doi.org/10.31857/S0869-5652484183-86>

Изучение флюидных включений в минералах и породах, слагающих месторождения углеводородов, позволяет обоснованно воссоздавать условия их образования. Однако вследствие малодоступности каменного материала исследования флюидных включений в минералах вмещающих толщ нефтегазовых месторождений практически не проводят. С целью выявления температурных и флюидодинамических условий формирования залежи Астраханского газоконденсатного месторождения (АГКМ) были впервые изучены флюидные включения вмещающих отложений и жильных образований продуктивного горизонта, проведено исследование органического вещества вмещающих отложений.

Были изучены газовой-жидкие включения из вмещающих пород и кальцитовых жил черемшанского горизонта башкирского яруса, составляющего кровлю разрабатываемой залежи на западном фланге месторождения. Изученные образцы были отобраны из керна скв. Правобережная-1 с глубины 4215–4217 м. Детально геологическое строение месторождения описано в [1, 2] и др.

Породы представлены толщей органогенно-обломочных перекристаллизованных известняков с широко развитой вертикально ориентированной трещиноватостью. Трещины выполнены кальцитом, который отобран из жилы мощностью 2 см и представлен молочно-белыми тонкокристаллическими агрегатами в зальбандах жилы и прозрачными кристаллами до 4 мм в открытой части трещины.

Видимые флюидные включения обнаружены только в кальцитовых прожилках (рис. 1), и как правило, расположены группами (иногда в мелких трещинках), а реже поодиночке. Форма включений разнообразна, часто с элементами огранки. Размер индивидуальных включений не более 30, обычно до 10 мкм. При микроскопическом изучении было выделено два типа сингенетических включений (табл. 1).

Валовый состав газов включений в известняке и жильном кальците определён методом газовой

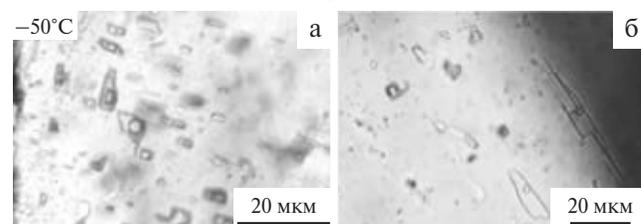


Рис. 1. Сингенетические включения в кальците. а — газовые в режиме заморозки; б — газовой-жидкие.

¹ Институт геологии Коми научного центра Уральского отделения Российской Академии наук, Сыктывкар

² ООО «Газпром ВНИИГАЗ», Сыктывкар

* E-mail: sokerina@geo.komisc.ru

Таблица 1. Результаты исследования флюидных включений

Характеристика	ГФ, об. %	T, °C					Размер, мкм
		Гомогенизации	Эвтектики	Гомогенизации газа	Плавления газа	Плавления газогидрата	
Газовые (тип 1)	100	–	–	–16,9 – +40	–87 (n = 3) –94 ± 4 (n = 23) –103 (n = 13)	–	< 30
Газово-жидкие (Ж _{H₂O} +Г _Г) (тип 2)	5	100 – 134 (n = 14)	33 ± 1	–	–	–0,7 – +4	< 30

Примечание. Исследования проведены в термо-криостоліке THMSG600.

хроматографии (ГХ) (табл. 2). Установлено, что в кальците в основном присутствуют углекислый газ, метан, сероводород. Газовый состав включений в известняке отличается повышенным содержанием углекислого газа и наличием СО при незначительном количестве метана и сероводорода.

Газовый состав индивидуальных включений в кальците проанализирован методом КР-спектроскопии (табл. 3). При исследовании наблюдали активную люминесценцию, что косвенно свидетельствует о наличии во включениях органики. При изучении жидкой фазы двухфазовых включений в кальците, где жидкая фаза была представлена сжиженными газами, при мощности лазера 0,01 мВт получали полностью засвеченный спектр, что свидетельствует о присутствии органики. При увеличении мощности лазера до 1 мВт и более происходило преобразование содержимого с образованием сажеподобного вещества.

Углеводородная фракция, выделенная из хлороформного битумоида А (ХБА) из вмещающего известняка, была изучена методом газовой хроматографии на приборе “Кристалл 2000М” [4].

Содержание С_{орг} в известняке составило 0,2%, а выход ХБА 0,023%. Основная доля битумоида представлена насыщенными углеводородами: на них приходится 90% от всей массы ХБА.

В изученных образцах наблюдаются сингенетичные газовые и газово-жидкие включения, причём обычно они встречаются обособленно друг от друга, что, вероятно, свидетельствует

о разных источниках вещества. Температура гомогенизации газово-жидких включений 100–134°C. По всей видимости, эти показатели наиболее близки к температуре образования кальцитовых прожилков (без поправки на давление) и соответствуют основной фазе их образования. Следует отметить, что современные температуры в залежи АГКМ на этой глубине характеризуются значениями 100–120°C [2]. Температура эвтектики водного раствора близка к –33°C, что свидетельствует о присутствии хлорида магния. Большое количество газовых включений связано с повышенной газонасыщенностью среды при формировании кальцита.

В одном и том же поле наблюдений часто встречаются газовые включения, близкие по составу, но с отличными температурами гомогенизации. Это может свидетельствовать о гетерогенном захвате углеводородных включений в моменты резкого изменения пластового давления [5] или о медленном росте кристаллов кальцита при меняющихся температурных условиях.

Валовый состав газов включений в кальците, по данным газовой хроматографии, представлен метаном, углекислым газом, сероводородом, этаном, пропаном, бутаном, изобутаном (табл. 2). Несмотря на высокую температуру нагрева, обнаруженный углекислый газ определённо связан с флюидными включениями, поскольку проведённые термографические исследования показали отсутствие разрушения кальцита и известняка при 500°C. Характерная

Таблица 2. Газовый состав (мольные %) включений из известняка и кальцита, по данным газовой хроматографии

Образец	СО	СО ₂	СН ₄	С ₂ Н ₄	С ₂ Н ₆	С ₃ Н ₆	С ₃ Н ₈	i-C ₄ Н ₁₀	С ₄ Н ₈	n-C ₄ Н ₁₀	Н ₂ S	Σ
Кальцит	н/о	44,3	44,9	0,02	1,65	0,01	1,41	0,07	0,01	0,15	7,78	100
Известняк	6,4	86,7	4,05	0,10	0,18	0,06	0,12	0,01	н/о	0,02	2,38	100

Примечание. Исследование выполнено на газовом хроматографе “Цвет-800”, методика в [3].

Таблица 3. Газовый состав (мольные %) сингенетичных включений в кальците, по данным КР-спектроскопии

$T_{пл.}, ^\circ\text{C}$	CO_2	CH_4	C_2H_6^*	C_3H_8^*	H_2S
-105 ± 1	19,84	42,63	12,84	3,53	21,15
-103	21,50	40,67	12,04	3,12	22,68
-103	18,28	34,42	18,01	2,51	26,79
-94	21,27	32,59	16,48	3,90	25,76
-94	29,70	39,02	2,59	1,35	27,33
-92	21,87	32,61	17,72	2,01	25,78
-93	23,95	35,56	8,76	4,71	27,03
—	23,19	47,31	4,67	0,76	24,07
—	18,23	51,27	6,28	3,13	21,09
—	18,85	35,54	11,78	3,81	30,01

Примечание. Работа выполнена на рамановском спектрометре LabRam HR800, методика в [3], *пересчёт производили по данным σ 488 нм.

особенность углеводородных газов — уменьшение концентраций от этана к пропану и от пропана к бутанам, что обычно характерно для газовых конденсатов [6].

По данным КР-спектроскопии (табл. 3) в составе газов индивидуальных флюидных включений в кальците также преобладают метан, сероводород, углекислый газ. Углекислый газ, в отличие от данных по газовой хроматографии, присутствует в меньших количествах, а содержание пропана и этана значительно выше. Отличие данных газовой хроматографии и КР-спектроскопии можно объяснить особенностями анализа.

Пластовый флюид газоконденсатной залежи находится в гомогенном (газообразном) состоянии. В целом по месторождению пластовый флюид отличается значительной изменчивостью и характеризуется следующим составом, мол. %: содержание метана 45–60, гомологов метана 3–6, C_5 и выше — 3,9 в составе газовой смеси (0,2–1,7 по отдельным фракциям) и 28,7 в составе конденсата, сероводорода 25–30, углекислого газа 8–20 [7]. Из приведённых данных (табл. 2, 3) можно заключить, что состав газов флюидных включений в жильном кальците соответствует составу пластового флюида залежи.

Проанализированный состав газов включений (табл. 3) из вмещающего известняка представлен углекислым газом, окисью углерода, метаном, сероводородом, предельными и непредельными углеводородами ряда C_2 — C_4 и значительно отличается от газов включений кальцитовых жил и состава пластовой смеси. Так, содержание метана из включений в известняке в 11 раз ниже, чем в жильном кальците.

По данным ГХ, установлено, что хроматограмма имеет одномодальное распределение с максимумом при C_{22} , что типично для ОВ, сформированного преимущественно за счёт водорослевой органики, накопление которой происходило в условиях карбонатной седиментации [8]. На долю среднемолекулярных алканов состава (C_{19} — C_{24}) приходится 54%, низко- (C_{14} — C_{18}) и высокомолекулярных (C_{25} — C_{32}) алканов 17,01 и 26,96% соответственно. Коэффициент нечётности имеет низкое значение 1,04. Из изоалканов в известняке удалось идентифицировать только пристан (Pr) и фитан (Ph). Pr/Ph = 0,51, что может свидетельствовать о восстановительных условиях осадконакопления [8].

Из полученных данных можно заключить, что формирование флюидных включений во вмещающих отложениях проходило при перекристаллизации известняка на начальных стадиях формирования залежи путём кольматации порового пространства пересыщенными по углекислому газу водными растворами (гидрокарбонатными кальциевыми водами). Причиной формирования повышенных содержаний углекислого газа в пластовых водах могло быть растворение вмещающих известняков при повышающемся литостатическом давлении (изохимическая перекристаллизация известняка) и абиогенная сульфатредукция ангидритов перекрывающих отложений при участии органического вещества пермских толщ. В пользу последнего свидетельствует присутствие сероводорода, низкое содержание углеводородов в составе флюидных включений известняков и миграционный характер флюидов.

ВЫВОДЫ

1. Состав газов включений из известняка и жильного кальцита в скв. Правобережная-1 на глубине 4215–4217 м свидетельствует о присутствии миграционных углеводородов во включениях.

2. Состав газов включений из вмещающего известняка формировался на начальных этапах становления залежи в процессе кольматации порового пространства пересыщенных по углекислому газу водных растворов.

3. Полученное распределение углеводородных газов в кальците указывает на их газоконденсатный состав, соответствующий флюиду сформировавшейся залежи.

4. Образование кварцевых прожилков залежи проходило при 130°C при участии флюида, обогащённого хлоридами Mg.

Источник финансирования. Работа выполнена по теме НИР госзадания (ГР № АААА–А17–117121270036–7) ИГ Коми НЦ УрО РАН. Аналитические исследования выполнены в ЦКП “Геонаука”.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Дуванова М. Е. // Геология, география и глобальная энергия. 2010. № 4. С. 57–61.
2. Ильченко В. П. Нефтегазовая гидрогеология подсолевых отложений Прикаспийской впадины. М.: Недра, 1998. 288 с.
3. Сокерина Н. В., Шанина С. Н., Исаенко С. И. // Вестн. ИГ Коми НЦ УрО РАН. 2012. № 3. С. 12–15.
4. Бурдельная Н. С., Бушнев Д. А., Мокиев М. В. // Вестн. ИГ Коми НЦ УрО РАН. 2012. № 11. С. 18–22.
5. Ли Р., Гузмич Т., Лю С., Се Г. // Геология и геофизика. 2011. Т 52. № 11. С. 1891–1906.
6. Тер-Саркисов Р. М. Разработка месторождений природных газов. М.: Недра, 1999. 659 с.
7. Лапшин В. И., Воронин Н. И., Лактюшина В. Ф. // Геология нефти и газа. 1998. № 12. С. 26–28.
8. Тиссо В., Вельте Д. Образование и распространение нефти. М.: Мир, 1981. 502 с.

FORMATION CONDITIONS OF HOST ROCKS AND VEINS PRODUCTIVE DEPOSITS OF THE ASTRAKHAN GAS-CONDENSATE FIELD

N. V. Sokerina, N. N. Zykin, S. N. Shanina,
O. V. Valyaeva, S. I. Isaenko, M. Yu. Sokerin

Presented by Academician of the RAS A.M. Askhabov March 28, 2016

Received August 4, 2016

This study examines one- (gas) and two-phase (aqueous solution–gas) inclusions in the calcite of the Chermshanskian Horizon of the Bashkirian stage at a depth of 4,215–4,217 m in the Pravoberezhnaya-1 well. Homogenizing temperature is within 100–134 °C, which is likely close to the temperature of mineral formation. Calcite vein formation involves calcium bicarbonate fluid enriched in Mg chloride. It was established the calcite inclusions contain carbon dioxide, methane, and hydrogen sulfide. The gas composition of the inclusions in limestone is distinguished of its high carbon dioxide concentration but rather low methane and hydrogen sulfide concentration.

Keywords: Astrakhan gas-condensate deposit, calcite inclusions, carbon dioxide, methane, hydrogen sulfide.