

Быстрый анализ газа каротажных скважин с помощью системы газовой микрохроматографии Agilent 990

Автор

Че Чанг (Jie Zhang)
Agilent Technologies, Inc.

Введение

Газотехнический каротаж — это процесс, позволяющий получить информацию о литологии и содержании жидкости в зоне бурения. Одна из важнейших задач газотехнического каротажа — сбор данных о типе и количестве газа. Точные данные о типе и количестве газа, собранные в ходе бурения, очень важны для правильной оценки параметров резервуара и могут указать на потенциально не замеченные зоны месторождения. Газовая хроматография — это основной метод качественного и количественного анализа газа при газотехническом каротаже. Основным компонентом газа каротажных скважин — метан. Более тяжелые углеводороды, такие как этан (C₂), пропан (C₃) и бутан (C₄), могут указывать на месторождения нефти или жирного газа. Также в ходе каротажа следует отслеживать тяжелые углеводороды до C₇.

В ходе газотехнического каротажа очень важна скорость анализа, так как чем больше подробной информации собирается на каждый метр глубины скважины, тем точнее можно выполнить оценку параметров резервуара. Газовый микрохроматограф Agilent — это идеальный прибор для быстрого и надежного анализа газа каротажных скважин. Газовый микрохроматограф Agilent 990 унаследовал все характеристики предыдущего поколения оборудования¹ — компактность, низкое энергопотребление и высокую скорость анализа. Кроме того, работать с ним значительно легче. Установка аналитического канала стала намного проще. Это требует всего трех шагов и занимает всего несколько минут. Полноцветный сенсорный экран отображает состояние прибора и основные настройки, такие как параметры сети, доступные лицензии и версию прошивки. Исполнение со стандартным отсеком поддерживает до двух аналитических каналов. Исполнение с увеличенным отсеком легко собирается из двух стандартных корпусов, объединенных с одной материнской платой и одним сенсорным ЖК-экраном. Система с увеличенным отсеком легко вмещает в себя до четырех каналов. Специально для этой системы был разработан модуль динамической электронной системы управления газом (DEGC), управляющий давлением и обеспечивающий высокую точность и стабильность потока газа.

Это исследование демонстрирует анализ углеводородов в ходе газотехнического каротажа с помощью платформы системы газовой микрохроматографии Agilent 990. Для определения углеводородов от C₁ до C₅ применялась стандартная система с двумя аналитическими каналами. Система с увеличенным отсеком и тремя установленными каналами использовалась для определения более тяжелых компонентов (до C₉).

В табл. 1 и 2 приведены условия проведения эксперимента для каждого из каналов. Для верификации конфигурации использовался искусственный каротажный газ. Подробная информация о пробе приведена в табл. 3.

Стандартный анализ каротажного газа

Определялись углеводороды от C_1 до C_5 . Для определения пропана, бутана, изобутана, пентана и изопентана применялся канал CP-PoraPLOT Q длиной 4 м (прямой, с модулем DEGC и без предколоночной обратной продувки). Для определения углеводородов C_1 и C_2 использовался канал CP-PoraPLOT Q длиной 10 м с функцией обратной продувки. Обратная продувка применялась для выдувания тяжелых компонентов из предколоночки до того, как они попадут в аналитическую колонку, что помогло снизить продолжительность анализа. В противном случае из-за того что тяжелые компоненты поздно элюируются из колонки PPQ длиной 10 м, анализ занял бы больше времени.

Расширенный анализ каротажного газа

Определялись углеводороды вплоть до C_8 . Углеводороды C_1 и C_2 , а также CO_2 определялись с помощью канала CP-PoraPLOT Q длиной 10 м (с модулем DEGC и функцией обратной продувки). Для определения углеводородов от C_3 до C_5 применялась колонка CP-Sil 5CB длиной 4 м с функцией обратной продувки. В этом канале соединения тяжелее C_5 выдувались с помощью обратной продувки до попадания в аналитическую колонку, что обеспечило быстрый анализ и чистую базовую линию для следующего эксперимента. Углеводороды от C_6 до C_8 определялись с помощью канала CP-Sil 5CB длиной 4 м (прямой, с модулем DEGC).

Оборудование

Стандартный анализ каротажного газа		Расширенный анализ каротажного газа	
Тип канала	Определяемые компоненты	Тип канала	Определяемые компоненты
10 м, CP-PoraPLOT Q, с обратной продувкой	C_1, C_2 и CO_2	10 м, CP-PoraPLOT Q, с обратной продувкой	C_1, C_2 и CO_2
4 м, CP-PoraPLOT Q, прямая	От C_3 до C_5	4 м, CP-Sil 5CB, с обратной продувкой	От C_3 до C_5
		4 м, CP-Sil 5CB, прямая	От C_6 до C_8

Таблица 1. Условия проведения стандартного анализа каротажного газа

	Тип канала	
	10 м, CP-PoraPLOT Q, с обратной продувкой	4 м, CP-PoraPLOT Q, прямая
Газ-носитель	Гелий	Гелий
Температура устройства ввода пробы	110 °C	110 °C
Время ввода пробы	40 мс	40 мс
Давление на входе колонки	240 кПа	200 кПа
Температура колонки	60 °C	150 °C
Включение обратной продувки	5,5 с	Н/П

Таблица 2. Условия проведения расширенного анализа каротажного газа

	Тип канала		
	10 м, CP-PoraPLOT Q, с обратной продувкой	4 м, CP-Sil 5CB, с обратной продувкой	4 м, CP-Sil 5CB, прямая
Газ-носитель	Гелий	Гелий	Гелий
Температура устройства ввода пробы	110 °C	110 °C	110 °C
Время ввода пробы	40 мс	80 мс	40 мс
Давление на входе колонки	240 кПа	150 кПа	200 кПа
Температура колонки	60 °C	60 °C	120 °C
Включение обратной продувки	5,5 с	13 с	Н/П

Таблица 3. Искусственный каротажный газ

№ соединения	Название соединения	Концентрация (моль/моль)
1	Метан	2,02%
2	Этан	0,251%
3	Пропан	997 млн ⁻¹
4	Изобутан	495 млн ⁻¹
5	Бутан	300 млн ⁻¹
6	Изопентан	173 млн ⁻¹
7	Пентан	204 млн ⁻¹
8	Гексан	52,6 млн ⁻¹
9	Метилциклопентан	50,1 млн ⁻¹
10	Бензол	49,1 млн ⁻¹
11	Циклогексан	47,7 млн ⁻¹
12	Гептан	49,0 млн ⁻¹
13	Метилциклогексан	49,2 млн ⁻¹
14	Толуол	49,3 млн ⁻¹
15	Октан	50,4 млн ⁻¹
16	Азот	До 100%

Результаты и их обсуждение

На рис. 1 приведена хроматограмма разделения метана и этана в канале CP-PoraPLOT Q длиной 10 м с функцией обратной продувки. В искусственном каротажном газе CO_2 не было. Для определения положения пика CO_2 выполнялся анализ стандарта природного газа, имеющего в составе метан, CO_2 и этан. Хроматограмму на рис. 1В можно использовать в качестве эталонной при анализе реальных проб каротажного газа с CO_2 в составе. На рис. 2 приведена хроматограмма соединений от C_3 до C_5 , полученная с помощью канала CP-PoraPLOT Q длиной 4 м. Основная трудность ГХ-анализа в ходе газотехнического каротажа — скорость разделения. Система газовой микрохроматографии Agilent 990 решает проблему разделения всей пробы, анализируя ее части в разных каналах. Тип неподвижной фазы, давление на входе в колонку и температура колонки подбираются и оптимизируются отдельно для каждого из подмножества определяемых веществ. Этот подход позволяет увеличить общую скорость анализа. Продолжительность анализа зависит от канала, в котором разделение занимает больше всего времени. Для стандартного анализа каротажного газа в каждом из каналов разделение можно выполнить не более чем за 30 секунд. Объединение результатов анализа для всех каналов дает качественную и количественную информацию о пробе в целом.

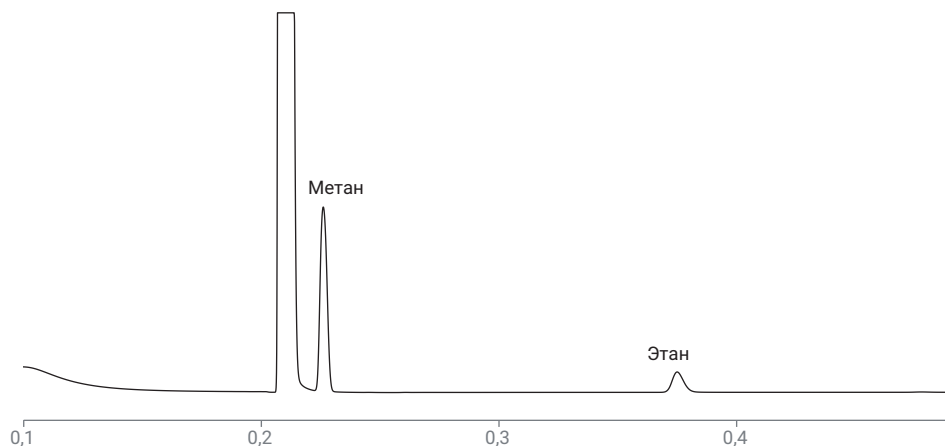


Рис. 1А. Стандартный анализ каротажного газа, канал 1 для определения метана и этана: CP-PoraPLOT Q длиной 10 м, с обратной продувкой

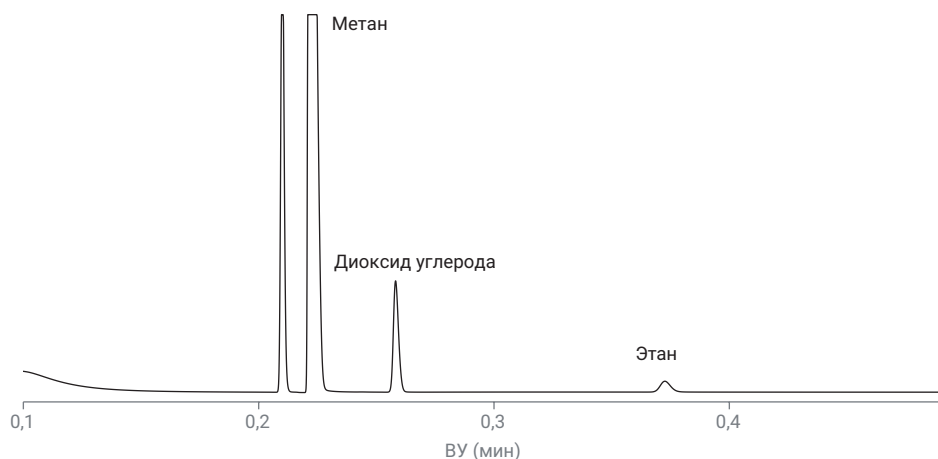


Рис. 1В. Стандартный анализ каротажного газа, канал 1: определение местоположения пика CO_2 стандарта природного газа в канале CP-PoraPLOT Q длиной 10 м, с обратной продувкой

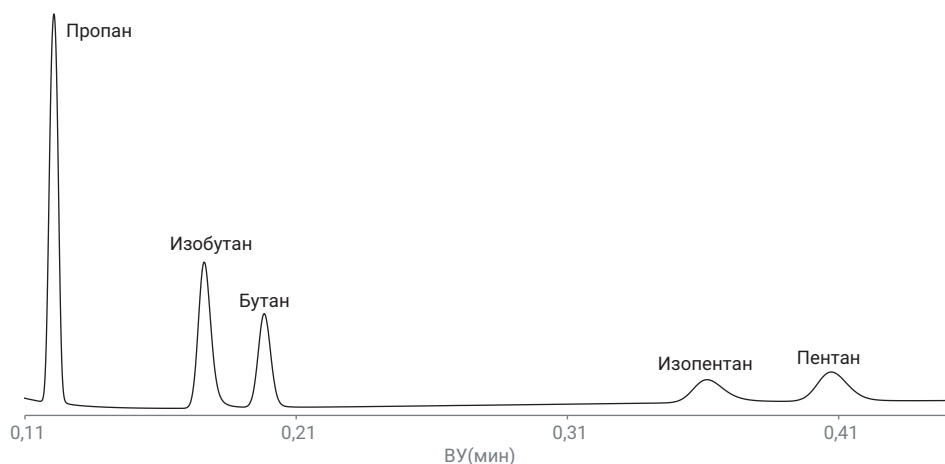


Рис. 2. Стандартный анализ каротажного газа, канал 2: определение компонентов от C_3 до C_5 в прямом канале CP-PoraPLOT Q длиной 4 м

В табл. 4А и 4В приведены воспроизводимости времен удерживания (ВУ) и площадей пиков для 10 анализов. Для площадей пиков ОСО не превышает 0,2%, а ОСО времени удерживания находится в диапазоне от 0,003 до 0,02%. Это демонстрирует отличные характеристики системы газовой микрохроматографии Agilent 990 и гарантирует высокую надежность результатов качественного и количественного анализа.

Таблица 4А. Разброс площадей пиков в 10 последовательных анализах в каналах CP-PoraPLOT Q длиной 4 и 10 м

Соединение	Метан	Этан	Пропан	Изобутан	Бутан	Изопентан	Пентан
Площадь (mv × s)	8,568	1,585	1,429	0,806	0,512	0,312	0,386
	8,567	1,585	1,429	0,806	0,511	0,312	0,386
	8,566	1,586	1,429	0,806	0,511	0,311	0,386
	8,574	1,586	1,429	0,806	0,512	0,313	0,385
	8,576	1,588	1,430	0,805	0,511	0,312	0,386
	8,576	1,588	1,430	0,806	0,512	0,311	0,386
	8,565	1,587	1,429	0,805	0,511	0,311	0,386
	8,566	1,585	1,430	0,805	0,511	0,312	0,386
	8,581	1,588	1,430	0,805	0,512	0,312	0,386
	8,568	1,587	1,430	0,806	0,511	0,312	0,386
ОСО площади (%)	0,065	0,080	0,037	0,064	0,101	0,203	0,082

Таблица 4В. Воспроизводимость площадей пиков и времен удерживания в 10 анализах в каналах CP-PoraPLOT Q длиной 4 и 10 м

Соединение	Метан	Этан	Пропан	Изобутан	Бутан	Изопентан	Пентан
ВУ (мин)	0,224	0,373	0,121	0,176	0,198	0,362	0,407
ОСО времен удерживания (%)	0,003	0,004	0,011	0,033	0,006	0,003	0,003

В расширенном анализе каротажного газа канал 1 был таким же, как и в стандартном анализе, CP-PoraPLOT Q длиной 10 м с обратной продувкой. На нем определялись метан, CO₂ и этан. На рис. 3 приведена хроматограмма компонентов от C₃ до C₅, полученная с помощью канала 2, CP-Sil 5CB длиной 4 м и с функцией обратной продувки.

На рис. 4 приведена хроматограмма компонентов от C₆ до C₈, полученная с помощью канала 3, прямого CP-Sil 5CB длиной 4 м. Последний пик, октан, элюировался не позднее 35 секунд. В табл. 5 приведены значения ОСО для времен удерживания и площадей пиков для компонентов от C₃ до C₈, определяемых в расширенном анализе каротажного газа. ОСО времен удерживания для компонентов от C₃ до C₈ было не выше 0,02%, а ОСО площадей пиков – ниже 1%, что доказывает стабильность давления и температуры колонки и воспроизводимость отклика детектора по теплопроводности Agilent 990.

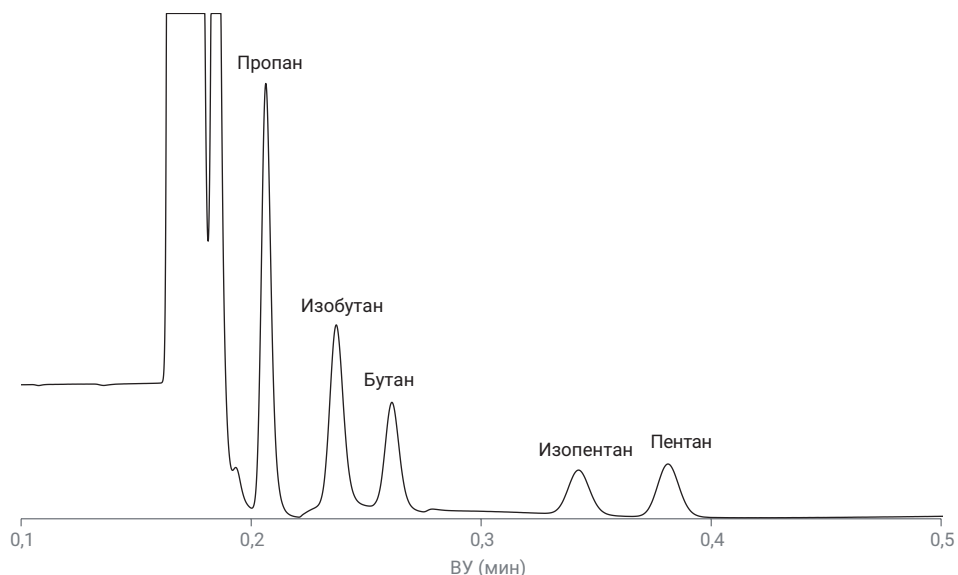


Рис. 3. Расширенный анализ каротажного газа, канал 2: определение соединений от C₃ до C₅ в канале CP-Sil 5CB длиной 4 м, с обратной продувкой

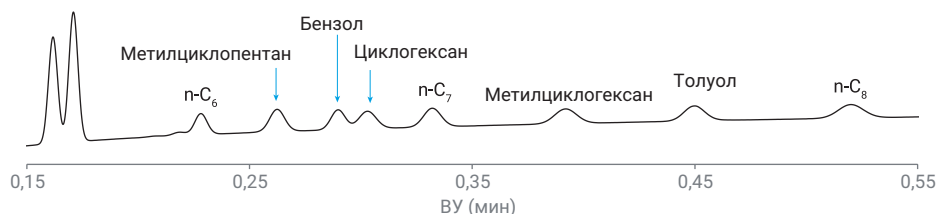


Рис. 4. Расширенный анализ каротажного газа, канал 3: определение соединений от C₆ до C₈ в прямом канале CP-Sil 5CB длиной 4 м

Таблица 5. Воспроизводимость времен удерживания и площадей пиков в расширенном анализе каротажного газа: от C₃ до C₅ в канале CP-Sil 5CB длиной 4 м, с обратной продувкой; от C₆ до C₈ – в прямом канале CP-Sil 5CB длиной 4 м

Соединение	ВУ/мин	ОСО времен удерживания (%)	Площадь (мв × с)	ОСО площади (%)
Пропан	0,206	0,02	0,446	0,144
Изобутан	0,237	0,018	0,294	0,184
Бутан	0,261	0,011	0,162	0,060
Изопентан	0,342	0,007	0,104	0,169
Пентан	0,381	0,008	0,125	0,082
Гексан	0,228	0,004	0,051	0,33
Метилциклопентан	0,262	0,006	0,077	0,571
Бензол	0,290	0,006	0,065	0,219
Циклогексан	0,303	0,006	0,068	0,221
Гептан	0,332	0,006	0,074	0,547
Метилциклогексан	0,392	0,009	0,075	0,290
Толуол	0,450	0,007	0,071	1,024
Октан	0,520	0,008	0,078	0,768

Выводы

Исследование демонстрирует быстрый анализ газа каротажных скважин с помощью системы газовой микрохроматографии Agilent 990. Для определения углеводородов от C₁ до C₅ и от C₁ до C₈ применялись, соответственно, стандартная конфигурация с двумя каналами и расширенная конфигурация с тремя каналами. Скорость анализа для каждого из каналов оптимизировалась так, чтобы не превышать 35 секунд. Система продемонстрировала великолепную воспроизводимость времен удерживания и площадей пиков, доказав, что система газовой микрохроматографии Agilent 990 — это идеальная платформа для быстрого и надежного анализа каротажного газа.

Литература

1. Van Loon, R. Mud Logging – Rapid Analyses of Well Gases with an Agilent Micro GC, *методические рекомендации Agilent Technologies*, номер публикации 5991-2699EN, **2013**.

www.agilent.com/chem

Информация может быть изменена без предупреждения.

© Agilent Technologies, Inc., 2019
Напечатано в США 7 августа 2019 г.
5994-1039RU