

## Быстрый и точный анализ природного газа

### Agilent 490 Micro GC Natural Gas Analyzer

#### Краткий обзор

Газовая хроматография, переработка углеводородов, компонентный состав природного газа

#### Автор:

Remko van Loon,  
Agilent Technologies  
Мидделбург, Нидерланды



При переработке и транспортировке природного газа большое значение имеют его компонентный состав и теплотворная способность, так как эти два параметра определяют стоимость природного газа. Данный краткий технический обзор описывает анализ природного газа и расчет его теплотворной способности с помощью портативного газового хроматографа Agilent 490 Micro GC Natural Gas Analyzer. Agilent 490 Micro GC обеспечивает быстрый и точный анализ в лабораторных, on-line, и полевых условиях.



**Agilent Technologies**

## Введение

Природный газ, как правило, состоит из метана и других углеводородов в различной пропорции, а также содержит перманентные газы, такие как кислород, азот и углекислый газ. Природный газ из разных месторождений имеет сходный состав, но различается по концентрации компонентов.

Рыночная стоимость природного газа определяется его энергосодержанием. Таким образом, анализ его компонентного состава и теплотворной способности крайне важен. Именно для этой задачи на основе портативного газового хроматографа 490 Micro GC разработан анализатор природного газа Natural Gas Analyzer.

Анализаторы природного газа 490 Micro GC поставляются в виде готовых решений, предварительно настроенных на заводе. Они включают результаты окончательных испытаний, завершённую методику, руководство пользователя и контрольные пробы. Простое в использовании ПО выполняет расчет всех необходимых физических свойств (в частности, теплотворной способности и индекса Уоббе) в соответствии с официальными методиками Американского общества по испытаниям и материалам (ASTM), Общества переработчиков газа (GPA) и Международной организации по стандартизации (ISO).

## Конфигурация анализаторов природного газа

Предлагается четыре модели анализаторов природного газа, разработанных на основе хроматографа 490 Micro GC в соответствии с предполагаемым составом природного газа. Конфигурации и аналитические характеристики всех анализаторов приведены в таблице 1. Дополнительная информация по конфигурациям приведена в спецификации анализаторов Natural Gas Analyzer [1].

Анализаторы природного газа оснащены обогреваемыми до 110° C инжекторами и пробоотборными линиями. Благодаря этому устраняются холодные участки и предотвращается конденсация влаги, что обеспечивает поддержание целостности пробы на всем пути ее прохождения.

В таблице 1 указано, какие каналы оборудованы опцией обратной продувки. Для защиты стационарной фазы и обеспечения эффективного разделения в колонке с молекулярными ситами CP-Molsieve 5A используется обратная продувка углекислого газа, влаги и высших углеводородов. Как правило, влага и углекислый газ быстро адсорбируются на стационарной фазе, что приводит к ухудшению хроматографических свойств. Это может негативно отразиться на разделении и привести к изменению времен удерживания. Высшие углеводороды, в конечном счете, будут элюированы, но это приведет к более высоким уровням шума детектора и снижению

Табл. 1. Анализаторы природного газа на базе Agilent 490 Micro GC.

Характеристики анализатора	Natural Gas Analyzer A	Natural Gas Analyzer A Extended	Natural Gas Analyzer B	Natural Gas Analyzer B Extended
Корпус Micro GC	Dual с 2 каналами	Quad с 3 каналами	Dual с 2 каналами	Quad с 3 каналами
Установленные каналы колонок	HayeSep A 40 см, без обратной продувки	HayeSep A 40 см, с обратной продувкой	PoraPLOT U 10 м, с обратной продувкой	CP-MolSieve 5A 10 м, с обратной продувкой и функцией обеспечения воспроизводимости времен удерживания
	CP-Sil 5 CB 6 м, без обратной продувки	CP-Sil 5 CB 4 м, с обратной продувкой	CP-Sil 5 CB 6 м, без обратной продувки	PoraPLOT U 10 м, с обратной продувкой
		CP-Sil 5 CB 8 м, без обратной продувки		CP-Sil 5 CB 6 м, без обратной продувки
Анализируемые компоненты	Углеводороды C1 – C9 Углекислый газ, воздух	Углеводороды C1 – C12 Углекислый газ, воздух	Углеводороды C1 – C9 Углекислый газ, воздух, сероводород	Углеводороды C1 – C9 Углекислый газ, воздух, сероводород Перманентные газы (N <sub>2</sub> , O <sub>2</sub> , He и H <sub>2</sub> )

чувствительности. Опция обратной продувки, реализованная в канале с колонкой Molsieve 5A, предотвращает описанные проблемы. В каналах PoraPLOT U и HayeSep A высшие углеводороды (от C4 и выше) продуваются обратно к клапану. Таким образом удается избежать негативного влияния более тяжелых углеводородов на последующие анализы.

Колонка CP-Molsieve 5A снабжена опцией обеспечения воспроизводимости времен удерживания (RTS). Эта функция реализуется за счет дополнительных фильтров внутри линий, установленных между электронной системой управления газом и модулем колонки. Фильтры избавляют газ-носитель от влаги и углекислого газа. Опция RTS обеспечивает более эффективную обратную продувку углекислого газа. Это увеличивает срок службы колонки и, что самое важное, способствует воспроизводимости времен удерживания.

Пробы природного газа могут вводиться в анализатор 490 Micro GC под давлением (максимальное ограничение — 1 бар) из тедларового пакета с использованием внутреннего насоса либо в режиме непрерывного потока. Если требуется проанализировать несколько потоков на одном анализаторе или подключить несколько калибровочных проб для автоматической калибровки, рекомендуется использовать селекторный клапан.

Для анализа сжиженного нефтяного газа (СНГ) и сжиженного природного газа (СПГ) используется микрогазификатор, который обеспечивает управляемое испарение, перед тем как проба вводится в инжектор газового хроматографа. Кроме того, микрогазификатор можно использовать для ввода пробы под давлением.

### Быстрый анализ природного газа с использованием анализатора Natural Gas Analyzer A

Первый канал анализатора Natural Gas Analyzer A оборудован колонкой HayeSep A для отделения метана от композитного пика воздуха (кислорода и азота). На этом канале также анализируются углекислый газ, этан и пропан. На рис. 1 приведен пример хроматограммы для этих соединений.

Для анализа углеводородов от пропана до н-нонана используется второй канал, оборудованный 6-метровой колонкой CP-Sil 5 CB. На рис. 2а приведена хроматограмма, полученная на 6-метровой колонке CP-Sil 5 CB при разделении до н-октана; н-гексан элюируется менее чем за 60 секунд, а н-октан — чуть более 3 минут. Пропан анализируется на обеих колонках — HayeSep A и CP-Sil 5 CB. Таким образом, пропан используется в виде «соединяющего» компонента. Хроматограмма, полученная на 6-метровой колонке CP-Sil 5 CB (см. рис 2б), отражает анализ углеводородов до н-нонана.

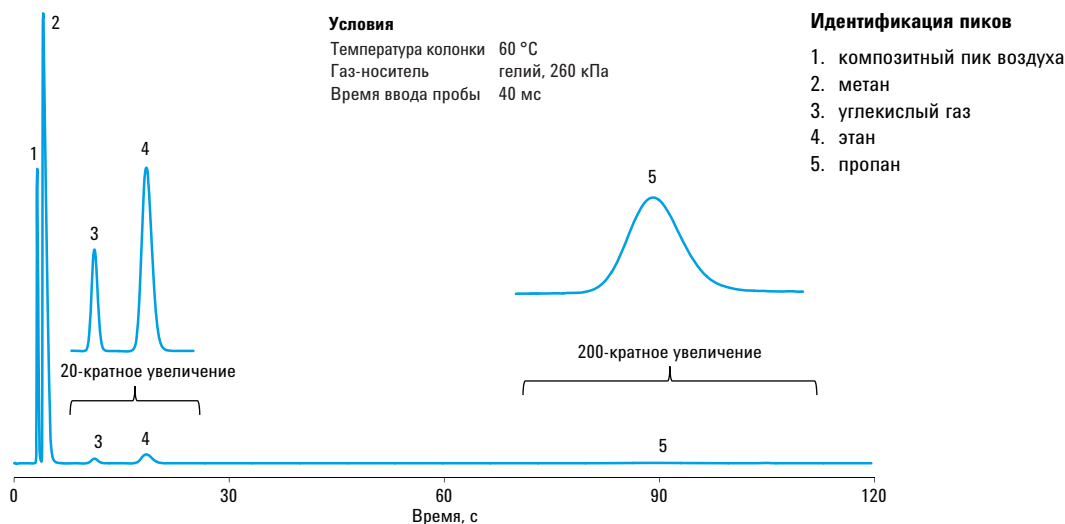


Рисунок 1 Хроматограмма для композитного пика воздуха, углекислого газа и углеводородов C1 – C3 на колонке HayeSep A.

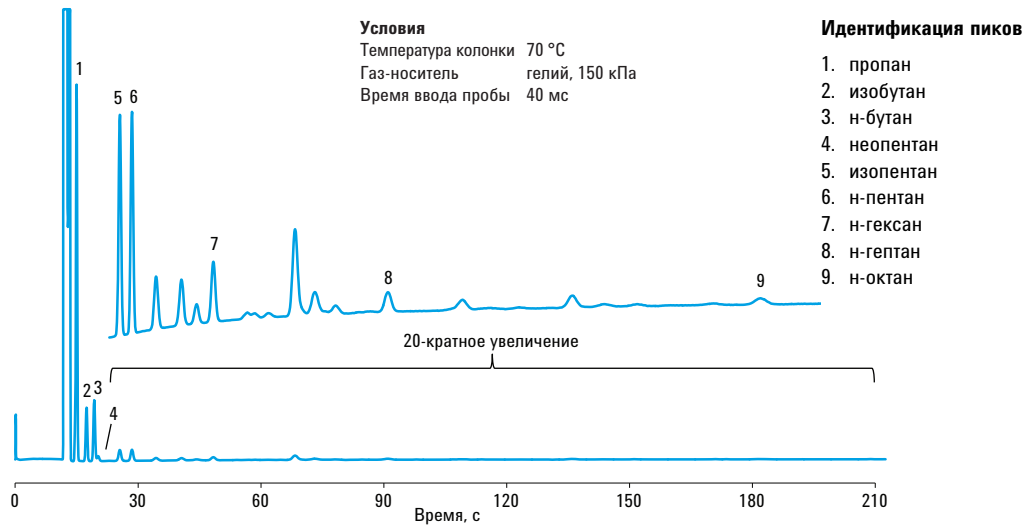


Рисунок 2а. Хроматограмма для углеводородов C3 – C8 на колонке CP-Sil 5 CB, 6м.



Рисунок 2б. Хроматограмма для углеводородов C8 – C9 на колонке CP-Sil 5 CB, 6м.

### Анализ до н-додекана с использованием анализатора Natural Gas Analyzer A Extended

Расширенная версия анализатора Natural Gas Analyzer A, оборудованного тремя колонками, применяется для анализа природного газа до н-додекана. Канал HaysSep A используется для отделения метана, углекислого газа, этана и пропана от пика воздуха. Этот канал с опцией обратной продувки, которая обеспечивает обратную продувку C4+. На рис. 3 приведен пример для канала HaysSep A (время анализа пропана — менее 2 минут).

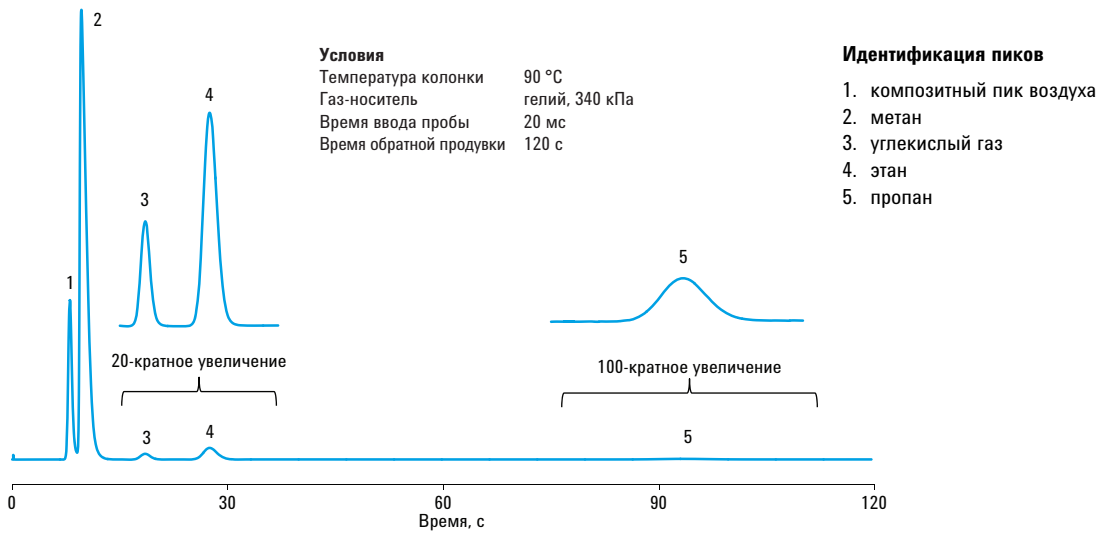


Рисунок 3. Хроматограмма на колонке HuyeSer A с обратной продувкой.

Второй канал, оснащенный 4-метровой колонкой CP-Sil 5 CB с функцией обратной продувки, используется для анализа углеводородов C3 – C5. Хроматограмма показана на рис. 4. Углеводороды C6+ продуваются обратно.

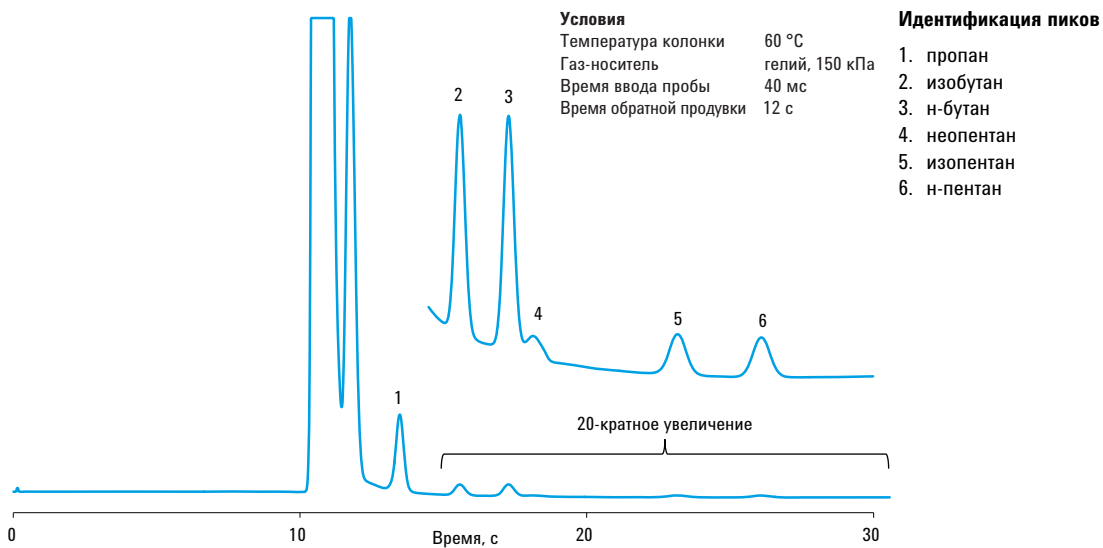


Рисунок 4. Хроматограмма для углеводородов C3 – C5 на колонке CP-Sil 5 CB, 4м.

Третий канал, оснащенный 8-метровой колонкой CP-Sil 5 CB, используется для анализа высших углеводородов от н-гексана до додекана. Н-додекан элюируется приблизительно за 240 секунд. Проба природного газа до н-декана (см. рис. 5а) анализируется менее чем за 2 минуты. На рисунке 5б показана хроматограмма смеси углеводородных газов от н-гексана до н-додекана. Типичное время анализа составляет 240 секунд.

### Анализ природного газа, содержащего сероводород, с использованием анализатора Natural Gas Analyzer B

Для анализа компонентного состава природного газа, содержащего сероводород, разработан анализатор 490 Micro GC Natural Gas Analyzer B. Для отделения метана от пика воздуха (кислорода и азота) используется канал PoraPlot U. Эта колонка также используется для анализа углекислого газа, этана и пропана. Хроматограмма, показанная на рис. 6, является результатом анализа природного газа на колонке

PoraPLOT U. Общее время анализа составляет приблизительно 60 секунд. Соединительные капилляры из нержавеющей стали в канале PoraPLOT U и испаритель проб портативного хроматографа Micro GC покрыты инертной пленкой UltiMetal. Инертность пути потока пробы и идеальная форма пика обеспечивают высокое качество анализа сероводорода (даже на уровне ppm).

Анализ углеводородов от пропана до н-нонана в анализаторе Natural Gas Analyzer B осуществляется с помощью второго канала, оснащенного 6-метровой колонкой CP-Sil 5 CB. Эта колонка идентична той, что используется в анализаторе Natural Gas Analyzer A. Хроматограммы для этого канала показаны на рис. 2а и 2б.

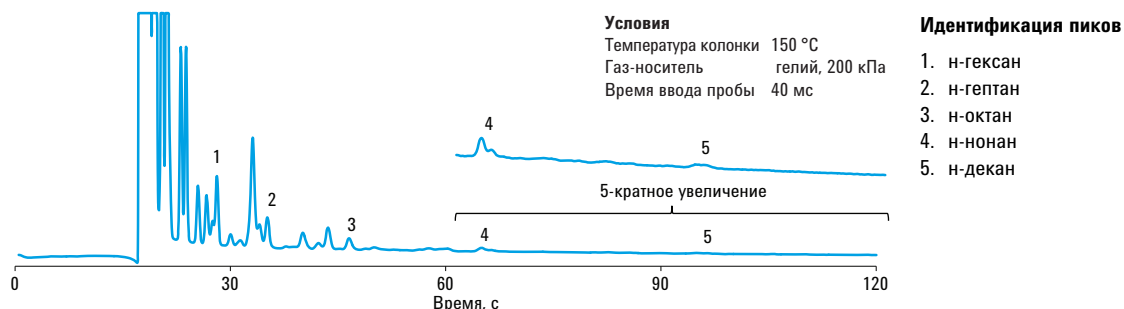


Рисунок 5а. Анализ природного газа на колонке CP-Sil 5 CB, 8м.

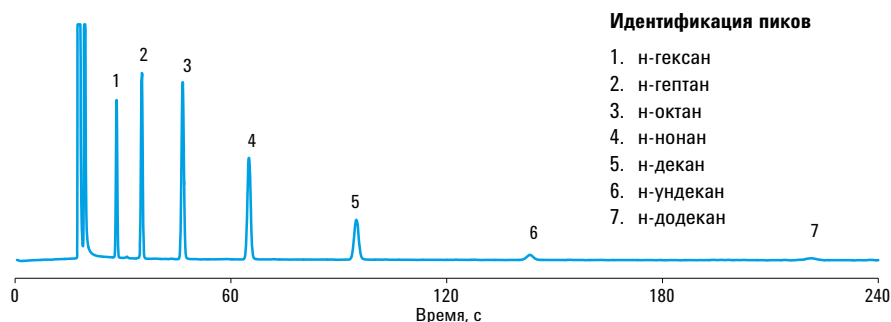


Рисунок 5б. Анализ углеводородов C7 – C12 на колонке CP-Sil 5 CB, 8м.

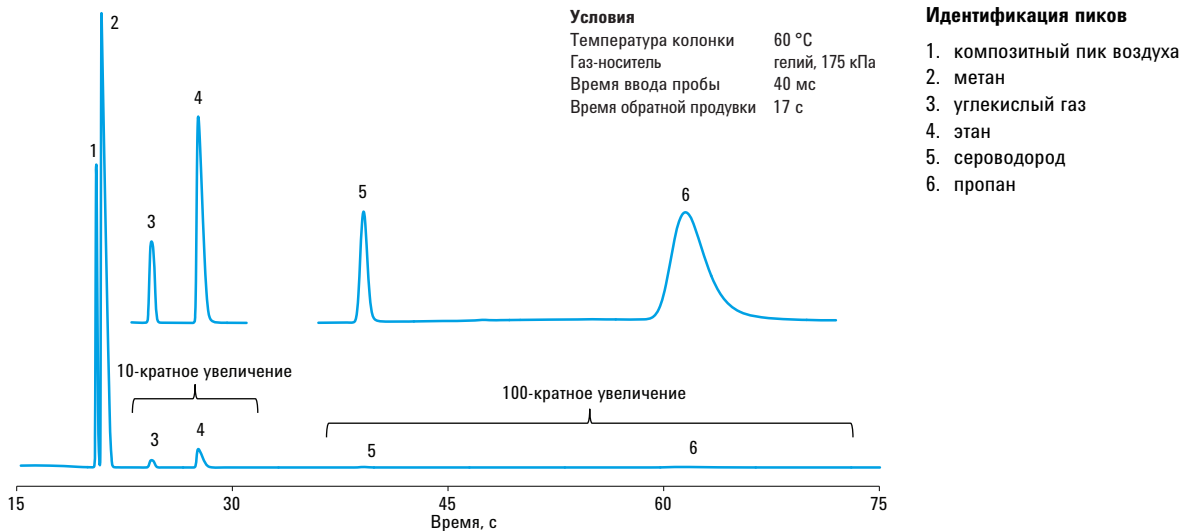


Рисунок 6. Хроматограмма природного газа на колонке PorapLOT U.

## Анализ перманентных газов на анализаторе Natural Gas Analyzer B Extended

Расширенная версия анализатора 490 Micro GC Natural Gas Analyzer B оснащена дополнительной колонкой CP-MolSieve 5A для анализа перманентных газов в пробе природного газа. Использование гелия в качестве газа-носителя на этом канале обеспечивает разделение и количественное определение кислорода и азота. Пример показан на рис. 7 (верхняя часть).

Если требуется разделить гелий, неон или водород, в качестве газа-носителя необходимо использовать аргон. В нижней части рис. 7 приведена хроматограмма на колонке с молекулярными ситами с использованием аргона в качестве газа-носителя.

Возможность переключения от газа-носителя гелия к аргону обеспечена дополнительным подключением канала молекулярных сит к отдельной линии газа-носителя на задней панели анализатора.

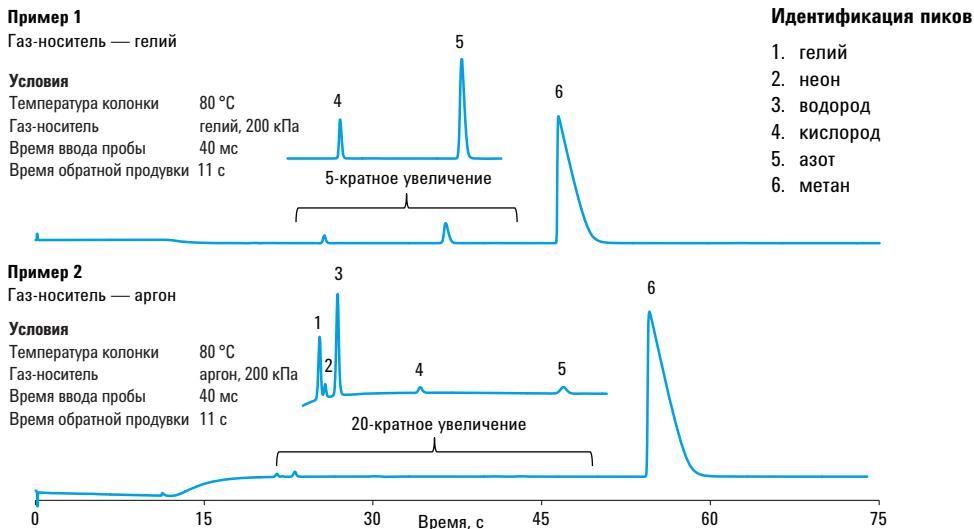


Рисунок 7. Хроматограммы перманентных газов на колонке CP-MolSieve 5A.

## Программное обеспечение

Результаты для всех отдельных компонентов отправляются из хроматографического ПО (EZChrom Elite, OpenLab EZChrom или OpenLab Chemstation) в дополнительное ПО EZReporter, которое выполняет расчет широкого спектра физических свойств, в частности теплотворной способности, относительной плотности, сжимаемости и индекса Уоббе (см. рис. 8, слева). Эти параметры используются для определения рыночной стоимости природного газа. EZReporter формирует отчеты в соответствии с официальными методиками ASTM D3588, ISO 6976 и GPA 2172. Отчеты можно напечатать на локальном принтере или экспортировать в файл для дальнейшего использования системой управления лабораторной информацией (LIMS).

Программное обеспечение позволяет выбирать объем пробы для анализа и указывать ключевые параметры для мониторинга. В целях лучшей визуализации результатов можно задать верхний и нижний предупредительные пороги для параметров мониторинга. Некоторые пояснения приведены на рис. 8 (посередине и справа).

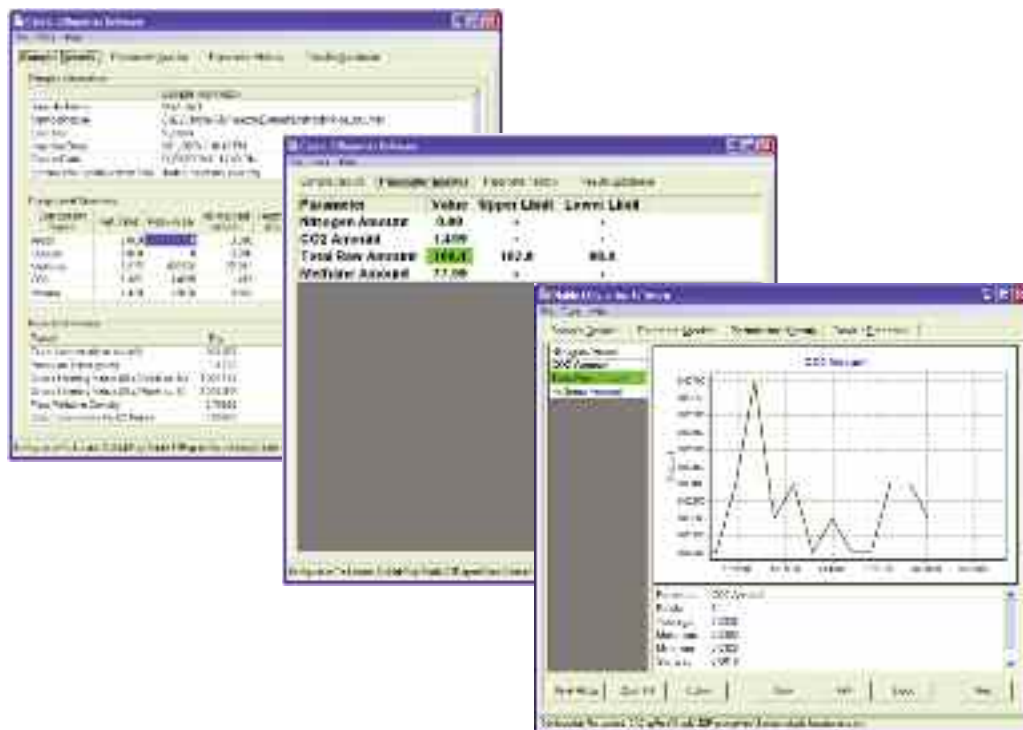


Рисунок 8. EZReporter: результаты для пробы с рассчитанными физическими свойствами (слева), мониторингом параметров (посередине) и анализом тенденций (справа).

## Заключение

Анализаторы Micro GC Natural Gas Analyzer — это оптимальное решение для анализа компонентного состава природного газа. Независимо от условий эксплуатации (в лаборатории, on-line/at-line, в полевых условиях) эти портативные хроматографы способны проводить анализ природного газа за считанные секунды.

Анализатор Natural Gas Analyzer A, оснащенный колонками HayeSep A и CP-Sil 5 CB, отделяет метан от воздуха и анализирует углеводородный состав до C9. Общее время анализа зависит от состава пробы. Анализ до н-гептана выполняется приблизительно за 90 секунд, до н-нонана — менее чем за 400 секунд.



Для анализа до н-додекана требуется расширенная модель анализатора — Natural Gas Analyzer A Extended. В этом приборе канал 6-метровой колонки CP-Sil 5 CB заменен на два различных канала CP-Sil 5 CB. Короткий (4-метровый) канал CP-Sil 5 CB выполняет анализ углеводородов от C3 до C5; C6 и выше продуваются обратно. Второй канал CP-Sil 5 CB с 8-метровой колонкой используется для анализа углеводородов от гексана до н-додекана.

Анализатор Natural Gas Analyzer B, оснащенный колонками PorapLOT U и CP-Sil 5 CB (6-метровая), выполняет отделение воздуха от метана и углекислого газа и анализ углеводородов до н-нонана. Конфигурация этого прибора разработана для анализа сероводорода. Испаритель проб из нержавеющей стали покрыт инертной пленкой UltiMetal — этим обеспечиваются превосходные разделение и форма пика для сероводорода.

Если требуется более подробный анализ перманентных газов в пробе природного газа, рекомендуется использовать расширенную версию системы Natural Gas Analyzer B. Эта система оснащена дополнительной колонкой CP-MolSieve 5A, которая выполняет разделение кислорода и азота (в качестве газа-носителя используется гелий). Если требуется анализ гелия и водорода, в качестве газа-носителя можно использовать аргон.

Анализаторы природного газа 490 Micro GC проходят заводскую настройку (в частности, настраивается количество операций обратной продувки). В комплект поставки анализаторов природного газа входят результаты окончательных испытаний, оптимизированная аналитическая методика, руководство пользователя и набор контрольных проб — таким образом, после установки прибора клиент получает всю необходимую информацию.

Анализатор вместе с системой обработки данных хроматографии (CDS) составляет мощный и простой в эксплуатации аналитический комплекс. Программное обеспечение EZReporter, связанное с системой Agilent CDS, автоматически рассчитывает теплотворную способность и значения других физических свойств и формирует отчеты в соответствии со стандартами Американского общества по испытаниям и материалам (ASTM D3588), Общества переработчиков газа (GPA 2172) и Международной организации по стандартизации (ISO 6976).

Дополнительную информацию об анализаторах природного газа 490 Micro GC Natural Gas Analyzer и других портативных газовых хроматографах см. на веб-сайте [www.agilent.com/chem/microgc](http://www.agilent.com/chem/microgc).

## Литература

1. 5991-0301EN; Agilent 490 Micro GC Natural Gas Analyzers; Data Sheet; April 2012.

## Дополнительные сведения

В настоящем документе приведены типичные результаты. Дополнительную информацию о продуктах и услугах нашей компании см. на веб-сайте [www.agilent.com/chem](http://www.agilent.com/chem).

[www.agilent.com/chem/microgc](http://www.agilent.com/chem/microgc)

Компания Agilent не несет ответственности за возможные ошибки в настоящем документе, а также за убытки, связанные или являющиеся следствием получения настоящего документа, ознакомления с ним и его использования.

Информация, описания и технические характеристики в настоящем документе могут быть изменены без предупреждения.

© Agilent Technologies, Inc., 2012 г.  
Напечатано в США  
16 апреля 2012 г.  
5991-0275RU



**Agilent Technologies**