Применение многофункциональной системы ввода проб (MSIS) компании Agilent для анализа с одновременным определением элементов в виде летучих гидридов и обычным распылением с использованием систем ИСП-ОЭС PerkinElmer Optima серий 7/8x00

Методические рекомендации

Автор

Алехандро Аморин
(Alejandro Amorin)
Agilent Technologies, Inc.

Введение

Методы генерации пара широко используются для определения следовых количеств мышьяка (As), селена (Se) и других гидридобразующих элементов в режиме генерации гидридов, а также ртути (Hg) с использованием техники холодного пара в ИСП-ОЭС и ААС. Преимущества определения с использованием генерации гидрида или холодного пара включают улучшенную чувствительность, простоту и снижение помех, поскольку летучие гидриды отделяются от матрицы проб. Однако лаборатории, желающие использовать эту методику, должны либо выделить отдельный прибор для определения гидридообразующих элементов, либо выключать оборудование для перехода на соответствующий режим. После модификации прибора на нем будет невозможно выполнять определение других элементов, пока он не будет возвращен в исходное состояние.



Рис. 1. Многофункциональная система ввода проб (MSIS) Agilent для системы ИСП-ОЭС PerkinElmer серии Optima (кат. № 8003-0817)

Agilent Technologies

Многофункциональная система ввода проб Agilent (MSIS) — это инновационная возможность для приборов PerkinElmer Optima ICP-OES (рис. 1), а также Agilent ИСП-ОЭС и Agilent МП-АЭС. Система MSIS позволяет проводить определение проб в трех разных режимах анализа:

- обычное распыление (рис. 2);
- генерация гидрида (рис. 3);
- одновременное распыление/генерация гидрида для определения гидридобразующих и негидридобразующих элементов (рис. 4).

Такой гибкий подход исключает необходимость отключения прибора для замены камеры распыления на устройство для генерации летучих гидридов, экономя время настройки прибора и анализа и поддерживая максимальную производительность лаборатории. Использование многофункциональной системы ввода проб для одновременного определения с использованием генерации гидрида более удобно и экономично. Это позволяет избежать отдельного анализа гидридобразующих элементов с использованием специальной гидридной системы. Одновременное определение также экономит время и упрощает анализ проб, исключая необходимость во втором расщеплении пробы специально для определения гидрида.

Эти уникальные преимущества в производительности и продуктивности многофункциональной системы ввода проб обеспечиваются благодаря методике генерации гидрида в тонкой пленке. В основу многофункциональной системы ввода проб положена обычная стеклянная распылительная камера циклонного типа, оснащенная вертикально расположенными в центре друг против друга трубками. При использовании камеры для автономной или одновременной генерации гидрида проба подается снизу системы MSIS. Поток восстановителя вводится в камеру MSIS сверху. Проба и восстановитель смешиваются в тонкой пленке, образуемой при слиянии потоков. Молекулы летучих гидридов, образующиеся в результате реакций, удаляются из смеси и переносятся в плазму потоком газа, поступающего в распылитель. Отработанная жидкость стекает по конической трубке из матового стекла и непрерывно откачивается в отходы. Введение летучих гидридов в плазму обеспечивает значительно более высокую производительность многофункциональной системы ввода проб для элементов, являющихся объектом экологического контроля, в том числе Hg, As, Se и других гидридобразующих элементов, по сравнению с обычным распылением. Для рутинных анализов обычных элементов проба вводится через распылитель обычным способом и полученный аэрозоль переносится потоком газа, поступающего в распылитель, в плазму.

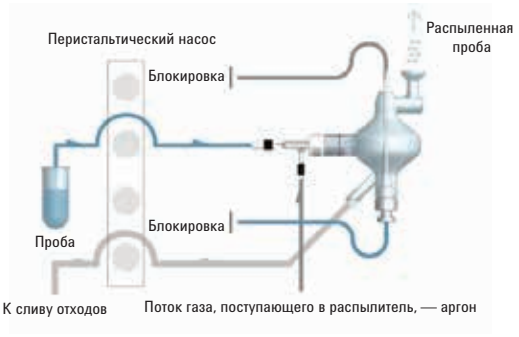


Рис. 2. Система MSIS Agilent, сконфигурированная для традиционного распыления. Дополнительные трубки для восстановителя и дополнительного потока пробы временно заблокированы. В этом режиме производительность эквивалентна характеристикам традиционной однопроходной стеклянной циклонической распылительной камеры

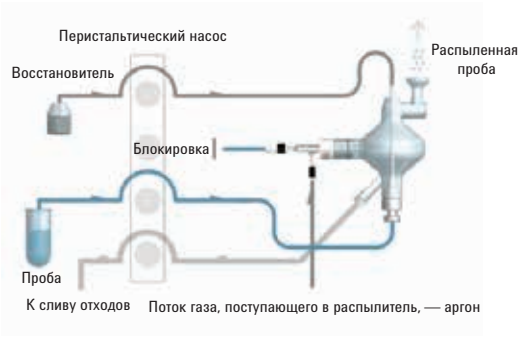


Рис. 3. Система MSIS Agilent, сконфигурированная только для определения гидрида. Распылитель остается на месте, но трубка для подачи пробы в распылитель временно заблокирована

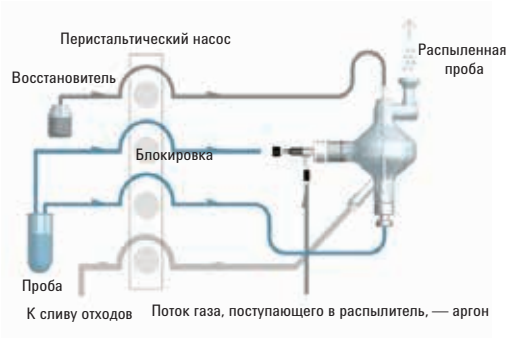


Рис. 4. Система MSIS Agilent, сконфигурированная для одновременной генерации гидрида и традиционного распыления. Все линии разблокированы, и проба вводится одновременно через распылитель и снизу системы MSIS

Экспериментальная часть

Оборудование

В данном исследовании использовалась система ИСП-ОЭС PerkinElmer Optima 7300 DV. Этот прибор предлагает возможности последовательного двойного обзора плазмы (сначала в аксиальном режиме, затем в радиальном в отдельном последовательном измерении). Однако все представленные здесь результаты были получены с использованием аксиального обзора. Результаты, полученные с использованием системы MSIS в обычном режиме распыления, также сравнивали с результатами, полученными с помощью традиционной стеклянной распылительной камеры циклонного типа.

В данном исследовании использовались только расходные материалы Agilent для прибора ИСП-ОЭС PerkinElmer Optima. Компания Agilent гарантирует полную совместимость своих расходных материалов с приборами PerkinElmer, для которых они предназначены. Эти расходные материалы разрабатываются и производятся согласно четким спецификациям, установленным техническими специалистами Agilent, для обеспечения оптимальных характеристик и производительности приборов PerkinElmer.

Во всех определениях использовался инертный концентрический распылитель Agilent OneNeb серии 2 (рис. 5). Характеристики распылителя OneNeb серии 2 в сравнении с традиционными стеклянными концентрическими и инертными распылителями, используемыми в системах ИСП-ОЭС серии PerkinElmer Optima, были описаны ранее [1].



Рис. 5. Распылитель Agilent OneNeb серии 2 (кат. № 8003-0951) повышает производительность по сравнению с традиционными стеклянным концентрическим и инертным распылителями в комбинации с приборами ИСП-ОЭС PerkinElmer Optima

В табл. 1 указан эксплуатационный режим оборудования.

Как показано на рис. 4, если многофункциональная система ввода проб настроена для одновременного анализа, требуется подавать четыре раствора. Перистальтический насос в системе ИСП-ОЭС PerkinElmer Optima 7300 DV имеет только три канала. Поэтому для обеспечения дополнительной мощности использовался автономный внешний перистальтический насос.

Таблица 1. Эксплуатационный режим оборудования для ИСП-ОЭС PerkinElmer Optima 7300 DV

Параметры прибора	
Энергия плазмы	1500 Вт
Горелка	Горелка, съемная, одноступенчатая (кат. № 8003-0346) оксидноалюминиевое устройство для ввода пробы, вн. диаметр 2,0 мм (кат. № 8003-0453)
Поток газа: аргон	18 л/мин (плазма); 0,2 л/мин (доп.)
Распылитель	Распылитель Agilent OneNeb серии 2 (кат. № 8003-0951)
Поток, поступающий в распылитель	0,5 л/мин
Камера распыления	Система MSIS Agilent (кат. № 8003-0817)
Перистальтический насос	Gilson Minipuls3
Трубки для перистальтического насоса	ПВХ, 2 пробки, черная/черная, для пробы и восстановителя (кат. № 3710027200) ПВХ, 2 пробки, черная/белая, для отходов (кат. № 3710068900)
Скорость насоса	25 об/мин
Число повторов	5
Время считывания	Мин. 5 с макс. 20 с
Время стабилизации	25 с
Время подачи	15 с
Время промывки	120 с

Калибровочные стандарты и стандартные образцы сравнения

Из сертифицированных стандартных образцов Agilent на водной основе с одним элементом были приготовлены шесть многоэлементных растворов калибровочных стандартов. Недавнее исследование [2] показало, что матрица, состоящая из 50%-ной соляной кислоты (HCl), обеспечивает хорошее извлечение гидридобразующих элементов, определяемых в этом исследовании. Чтобы соответствовать кислотной матрице, используемой для проб, все калибровочные стандарты были приготовлены в 50%-ной соляной кислоте. Диапазон калибровки определяли на основе ожидаемой концентрации элементов в стандартном образце сравнения (SRM), используемом в данном исследовании. Для приготовления стандартов и проб использовалась концентрированная соляная кислота (37%) фирмы Merck. В табл. 2 показан состав используемых калибровочных стандартов.

Таблица 2. Калибровочные стандарты (концентрация в мг/л)

Элемент	Стандарт 1	Стандарт 2	Стандарт 3	Стандарт 4	Стандарт 5	Стандарт 6
Al				62,5	125	250
Cd	62,5	125	250			
Cr	62,5	125	250			
Co	62,5	125	250			
Cu	62,5	125	250	25	50	100
Li	62,5	125	250			
Mn	62,5	125	250	25	50	100
Ni	62,5	125	250			
Pb	62,5	125	250			
Zn	62,5	125	250	25	50	100
Fe				62,5	125	250
Mo				62,5	125	250
V				12,5	25	5
Mg				125	250	500
Ca				125	250	500
As	20	60	100	5	10	15
Hg	5	15	25	1,25	2,5	3,75
Se	5	15	25	1,25	2,5	3,75

Для проверки эффективности многофункциональной системы ввода проб использовался стандартный образец сравнения NIST. Для этого исследования был выбран стандартный образец NIST SRM 1643f «Следовые количества элементов в воде» от Graham B. Jackson (Aust.). В табл. 3 перечислены сертифицированные значения и допустимый диапазон концентраций для элементов в стандартном образце NIST SRM 1643f, определенные в этом исследовании. Существует ряд других элементов с сертифицированными концентрациями, но используемый метод не позволяет определять все элементы. Например, определение натрия и бора невозможно из-за избытка этих элементов, вводимого в растворе восстановителя. Химический процесс, используемый для генерации гидрида (оптимизированный для одновременного определения As, Se и Hg с негидридобразующими элементами), не рекомендуется для определения сурьмы или олова, где наилучшие результаты достигаются с использованием 4%-ного раствора кислоты с добавлением 1%-ного L-цистеина [2]. Обработка пробы другими химическими веществами или индивидуальное определение некоторых гидридобразующих элементов с использованием системы MSIS может улучшить достигнутые пределы обнаружения, но это не являлось предметом данного исследования. Определение теллура не проводилось, поскольку его концентрация в подготовленной пробе после разбавления, применяемого при пробоподготовке, была близка к пределу обнаружения. В настоящем анализе также не ставилась цель проведения полного анализа всех элементов в данном стандартном образце. Измеренные элементы были выбраны таким образом, чтобы определить наиболее токсичные (As, Se, Hg, Cd и Pb) и наиболее распространенные элементы, а также с целью охвата как широкого диапазона длин волн, так и широкого диапазона концентраций (четыре порядка).

Таблица 3. Сертифицированные концентрации для элементов в стандартном образце сравнения NIST SRM 1643f «Следовые количества элементов в воде», определяемые в данном исследовании

Элемент	Сертифицированная концентрация (мкг/л)	Элемент	Сертифицированная концентрация (мкг/л)
Al	133,8 ± 1,2	Mg	7454 ± 60
As	57,42 ± 0,38	Mn	37,14 ± 0,60
Ca	29 430 ± 330	Mo	115,3 ± 1,7
Cd	5,89 ± 0,13	Ni	59,8 ± 1,4
Co	25,3 ± 0,17	Pb	18,488 ± 0,084
Cr	18,5 ± 0,10	Se	11,700 ± 0,081
Cu	21,66 ± 0,71	V	36,07 ± 0,28
Fe	93,44 ± 0,78	Zn	74,4 ± 1,7
Li	16,59 ± 0,35		

Процедура пробоподготовки для NIST SRM 1643f SRM заключалась в разбавлении пробы концентрированной соляной кислотой в соотношении 1:2. Это разбавление обеспечило наилучшее извлечение и соответствовало кислотной матрице, используемой для калибровочных стандартов. Перед анализом стандартный образец сравнения выдерживался до достижения температуры окружающей среды.

Восстановитель, используемый для получения паров гидрида, содержал 1% (масс./об.) боргидрида натрия ($NaBH_4$) в 0,5% (масс./об.) гидроксида натрия (NaOH).

Результаты и их обсуждение

Пределы обнаружения и чувствительность

Пределы обнаружения рассчитывались как утроенное стандартное отклонение. Пределы обнаружения были основаны на концентрации десяти повторных показаний для холостой пробы с соляной кислотой (50% HCl), измеренных после выполнения полной калибровки. Пределы обнаружения, приведенные для гидридобразующих элементов, были скорректированы с учетом двукратного коэффициента разбавления.

Пределы обнаружения были также определены с использованием традиционного стеклянного концентрического распылителя (SeaSpray), что позволило напрямую сравнить его производительность с распылителем OneNeb серии 2. Для обеспечения корректного сопоставления производительности был определен оптимальный расход газа для каждого распылителя, с использованием которого было выполнено эксплуатационное тестирование. В этом исследовании для стеклянного концентрического распылителя SeaSpray использовался поток газа, подаваемого в распылитель, равный 0,7 л/мин. Измеренные пределы обнаружения приведены в табл. 4. Измеренные пределы обнаружения, полученные с использованием распылителя OneNeb серии 2, эквивалентны тем, которые достигаются с помощью распылителя SeaSpray (а для многих элементов превышают их).

Таблица 4. Пределы обнаружения, измеренные с использованием многофункциональной системы ввода проб в режиме одновременной генерации летучих гидридов/распыления

Элемент и длина волны (нм)	Пределы обнаружения, измеренные с использованием распылителя Agilent OneNeb (мкг/л)	Пределы обнаружения, измеренные с использованием распылителя SeaSpray (мкг/л)
Al 394,401	8	5
As 188,979	1,7*	1,8*
Ca 317,933	3,3	2,6
Cd 226,502	0,24	0,40
Co 230,786	0,98	0,82
Cr 357,869	6,9	2,5
Cu 324,752	2,1	0,7
Fe 259,939	1,5	0,46
Hg 194,168	0,23*	0,35*
Li 670,784	0,03	0,04
Mg 279,553	0,35	0,30
Mn 257,610	0,27	0,05
Mo 204,597	1,7	2,4
Ni 231,604	11	5
Pb 220,353	3,7	3,3
Se 196,026	0,30*	0,90*
V 292,402	1,5	0,9
Zn 202,548	0,42	0,45

* Измерено с использованием генерации летучих гидридов и скорректировано с учетом двукратного коэффициента разбавления, применяемого во время пробоподготовки.

Показаны преимущества использования техники генерации гидрида при сравнении пределов обнаружения с использованием системы MSIS в одновременном режиме с результатами, полученными с использованием традиционной распылительной системы. Это сравнение приведено в табл. 5. В режиме одновременного определения пределы обнаружения для As, Se и Hg с использованием генерации летучих гидридов были улучшены до уровня нескольких млрд д. Пределы обнаружения для других элементов, измеренных в одновременном режиме, эквивалентны достигаемым с использованием традиционной распылительной системы [2].

Таблица 5. Пределы обнаружения, измеренные для ртути и гидридобразующих элементов с использованием мультифункциональной системы ввода проб в одновременном режиме

Элемент и длина волны (нм)	Пределы обнаружения, измеренные с использованием генерации гидрида (мкг/л)	Пределы обнаружения, измеренные с использованием традиционного распыления (мкг/л)
As 193,696	1,7	13
Hg 194,168	0,23	1,3
Se 196,026	0,30	12

Было показано, что распылитель OneNeb серии 2 обеспечивает превосходную эффективность и в четыре раза большую чувствительность, чем другие распылители, используемые с системой ИСП-ОЭС PerkinElmer серии Optima [1]. Улучшение чувствительности также очевидно при сравнении калибровочных кривых, полученных с помощью распылителя OneNeb серии 2, с калибровочными кривыми, полученными с применением распылителя SeaSpray, с использованием многофункциональной системы ввода проб в режиме одновременного определения. Чувствительность распылителя OneNeb серии 2 оказалась в три раза выше чувствительности SeaSpray как для гидридобразующих, так и для рутинных элементов, измеренных с использованием традиционной распылительной системы (рис. 6).

Воспроизводимость

Воспроизводимость определялась как ОСО (%) по пяти повторным показаниям для калибровочного стандарта в диапазоне от малых до средних концентраций. В табл. 6 показано, что для всех 18 элементов, изученных в данном исследовании наблюдалась прекрасная воспроизводимость. Для большинства элементов на основе растворов стандартов с концентрациями 0,25 мг/л и ниже была достигнута воспроизводимость менее 1% ОСО.

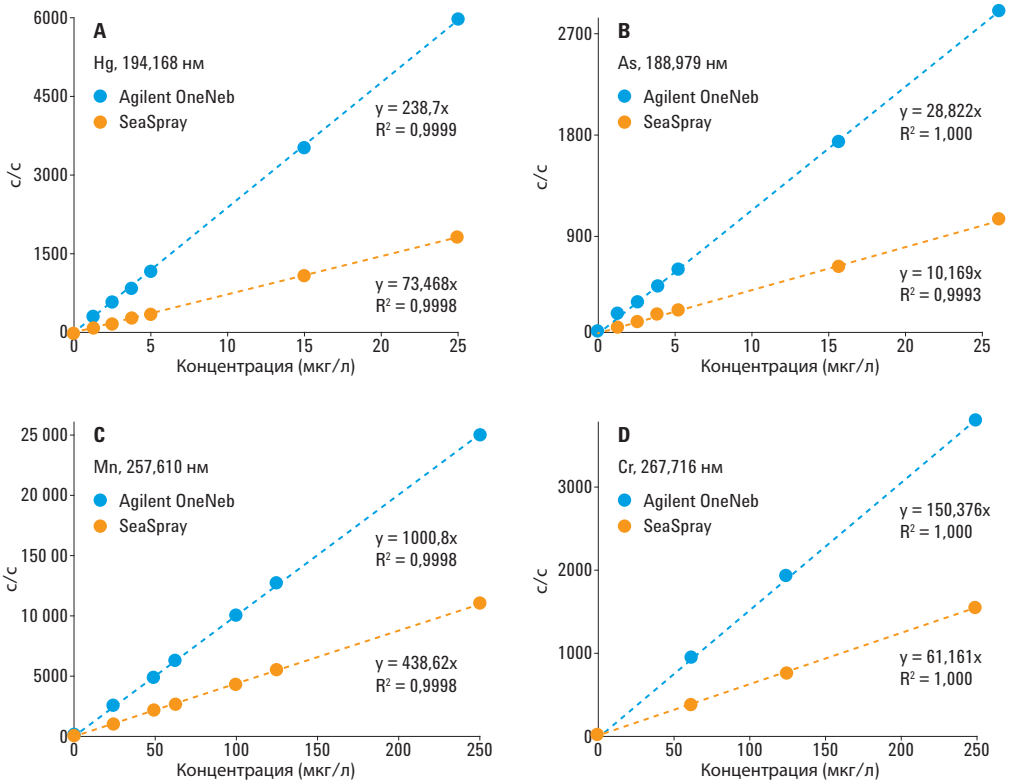


Рис. 6. Сравнение калибровочных кривых, полученных с использованием распылителей Agilent OneNeb серии 2 и SeaSpray для выбранных гидридобразующих и рутинных элементов, полученных с использованием Agilent MSIS в одновременном режиме

Таблица 6. Полученная воспроизводимость (% ОСО) для калибровочного стандарта в диапазоне низких и средних концентраций, измеренная с использованием распылителя Agilent OneNeb серии 2 в комбинации с системой Agilent MSIS в одновременном режиме

Элемент	Концентрация стандарта (мкг/л)	ОСО (%) воспроизводимости	Элемент	Концентрация стандарта (мкг/л)	ОСО (%) воспроизводимости	Элемент	Концентрация стандарта (мкг/л)	ОСО (%) воспроизводимости
Al	125	0,61	Cu	50	0,27	Mo	125	0,64
As	10	1,4	Fe	125	0,74	Ni	125	0,63
Ca	250	1,2	Hg	15	0,55	Pb	125	0,38
Cd	125	0,40	Li	125	0,72	Se	15	0,67
Cr	125	0,96	Mg	250	0,85	V	25	0,55
Co	125	0,28	Mn	50	0,60	Zn	50	0,90

Производительность многофункциональной системы ввода проб Agilent в качестве традиционной распылительной камеры

При использовании с прибором для ИСП-ОЭС многофункциональная система ввода проб позволяет аналитику быстро переключаться между режимами обычного распыления, генерации гидрида или одновременного анализа. Производительность многофункциональной системы ввода проб в режиме обычного распыления сравнивалась с производительностью, получаемой при использовании обычной однопроходной стеклянной распылительной камеры циклонного типа (SPSC) и двухпроходной стеклянной распылительной камеры циклонного типа (DPSC). В табл. 7 показаны полученные пределы обнаружения. Параметры прибора, используемые в данном исследовании, были такими же, как показано в табл. 1.

Многофункциональная система ввода проб, используемая в режиме традиционного распыления, позволяет добиться пределов обнаружения, сравнимых с теми, которые обеспечивает традиционная камера DPSC (табл. 7). Эти пределы обнаружения также обычно лучше, чем полученные при использовании камеры SPSC.

Многофункциональная система ввода проб в режиме обычного распыления обеспечивает для рутинных элементов чувствительность, сравнимую с SPSC и лучшую, чем DPSC. Лучше всего это можно продемонстрировать путем сравнения полученных калибровочных кривых (рис. 7). Средняя разница в чувствительности, достигаемой с использованием системы MSIS и камеры DPSC, составляет приблизительно 40%.

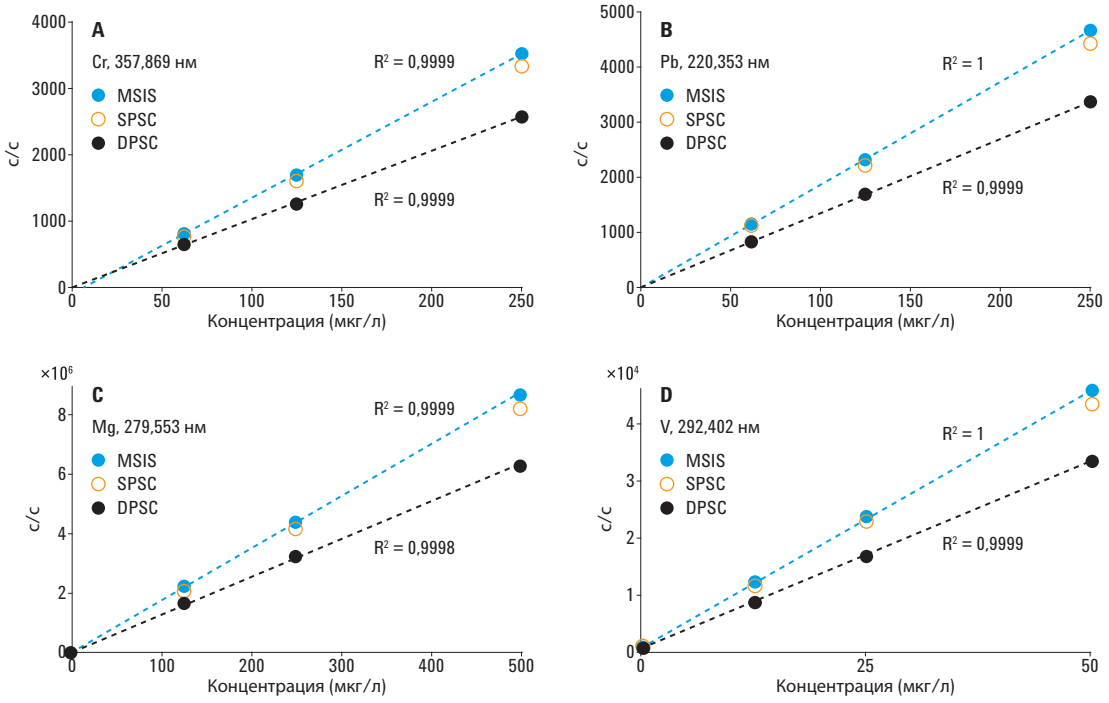


Рис. 7. Калибровочные кривые, созданные с использованием Agilent MSIS в обычном режиме распыления, сравниваются с калибровочными кривыми, полученными с использованием однопроходных (SPSC) и двухпроходных (DPSC) распылительных камер

Таблица 7. Измеренные пределы обнаружения в сравнении многофункциональной системы ввода проб с традиционными распылительными камерами

Элемент и длина волны (нм)	Многофункциональная система ввода проб в режиме традиционного распыления (мкг/л)	Однопроходная стеклянная распылительная камера циклонного типа (мкг/л)	Двухпроходная стеклянная распылительная камера циклонного типа (мкг/л)
Al 394,401	4	7	3
Ca 317,933	0,4	1,4	0,8
Cd 226,502	0,08	0,06	0,07
Co 230,786	0,2	0,7	0,8
Cr 357,869	2	1,5	2,4
Cu 324,752	0,5	0,4	0,6
Fe 259,939	2	0,2	0,3
Li 670,784	0,04	0,09	0,05
Mg 279,553	0,05	0,06	0,04
Mn 257,610	0,04	0,06	0,05
Mo 204,597	1,2	1,2	1,7
Ni 341,476	4	4	4
Pb 220,353	3	2	3
V 292,402	0,4	0,5	0,8
Zn 202,548	0,1	0,1	0,2

Извлечение стандартного образца сравнения

Производительность многофункциональной системы ввода проб была проверена с использованием стандартного образца сравнения NIST SRM 1643f «Следовые количества элементов в воде». Результаты представлены в табл. 8. Было достигнуто превосходное извлечение для всех 18 элементов, определенных в этом исследовании, в пределах ±10% от сертифицированного значения. Эти извлечения демонстрируют пригодность многофункциональной системы ввода проб для получения точных результатов как для гидридобразующих, так и для рутинных элементов при использовании в одновременном режиме.

Степень извлечения

Точность была дополнительно проверена путем выделения аликвоты NIST SRM 1643f с гидридобразующими элементами. Для всех трех аналитов степень извлечения колебалась от 98 до 100% (табл. 9) даже при низкой концентрации добавок. В NIST SRM 1643f нет сертифицированного значения для ртути. Отличная степень извлечения для ртути и гидридобразующих элементов демонстрирует способность системы MSIS при использовании в одновременном режиме точно определять гидридобразующие элементы при низких концентрациях, например таких, которые обнаруживаются в водном стандартном образце сравнения NIST SRM.

Таблица 8. Коэффициенты извлечения для 18 элементов, определяемых в стандартном образце сравнения NIST SRM 1643f «Следовые количества элементов в воде», полученные с использованием системы Agilent MSIS в одновременном режиме

Элемент и длина волны (нм)	Измеренная концентрация (мкг/л)	Сертифицированное значение для NIST SRM 1643f (мкг/л)	Степень извлечения, %
Al 394,401	128,4	133,8 ± 1,2	96
As 188,979	58,09	57,42 ± 0,38	101
Ca 422,673	31 064	29 430 ± 330	106
Cd 226,502	5,78	5,89 ± 0,13	98
Co 228,616	26,5	25,3 ± 0,17	105
Cr 357,869	18,5	18,5 ± 0,10	100
Cu 324,752	23,13	21,66 ± 0,71	107
Fe 259,939	97,50	93,44 ± 0,78	104
Li 670,784	15,28	16,59 ± 0,35	92
Mg 279,553	7387	7454 ± 60	99
Mn 257,610	38,21	37,14 ± 0,60	103
Mo 204,597	119,1	115,3 ± 1,7	103
Ni 341,476	58,7	59,8 ± 1,4	98
Pb 220,353	17,676	18,488 ± 0,084	96
Se 196,026	10,814	11,700 ± 0,081	92
V 292,402	38,31	36,07 ± 0,28	106
Zn 202,548	75,1	74,4 ± 1,7	101

Таблица 9. Степень извлечения для добавок стандарта NIST SRM 1643c низкой концентрации

Проба	As 188,979	Hg 194,168	Se 196,026
Результат для пробы (с двукратным разбавлением)	30,27	н/о	5,45
Результат для пробы с добавками	38,15	1,94	9,32
Измеренная разница концентраций	7,88	1,94	3,87
Концентрация добавки	7,92	1,98	3,92
Коэффициент извлечения	99,5%	97,8%	98,7%

Концентрация в мкг/л

Выводы

Результаты, полученные в этом исследовании, демонстрируют гибкость и производительность многофункциональной системы ввода проб Agilent. При использовании с прибором ИСП-ОЭС PerkinElmer Optima она позволяет одновременно определять рутинные элементы, используя традиционное распыление, а также ртуть и гидридобразующие элементы с использованием генерации летучих гидридов. Это исключает необходимость отключения прибора для замены камеры распыления на устройство для генерации летучих гидридов, экономя время настройки прибора и анализа и поддерживая максимальную производительность лаборатории. Такой гибкий подход также экономит время и упрощает процесс анализа проб, исключая необходимость во втором расщеплении пробы специально для определения гидрида.

Продемонстрированы производительность и динамический диапазон многофункциональной системы ввода проб благодаря превосходному извлечению, достигнутому при одновременном анализе 18 элементов (включая ртуть и два гидридобразующих элемента) в стандарте NIST SRM 1643 «Следовые количества элементов в воде». Концентрации проб в этом стандартном образце сравнения охватывают четыре порядка величины. Были получены отличные степени извлечения для ртути и гидридобразующих элементов, что еще раз продемонстрировало надежность и чувствительность системы MSIS. Превосходная точность была достигнута для большинства элементов, с ОСО менее 1% для калибровочных стандартов с низкой концентрацией (0,25 мг/л и ниже).

В режиме обычного распыления MSIS способна обеспечить сопоставимые пределы обнаружения по сравнению с традиционными двухпроходными распылительными камерами. Однако чувствительность системы эквивалентна той, которая достигается с помощью обычной однопроходной распылительной камеры.

Распылитель Agilent OneNeb серии 2 способствует превосходной производительности системы MSIS, повышая чувствительность в три раза по сравнению с традиционным стеклянным концентрическим распылителем (SeaSpray) как для гидридобразующих, так и для рутинных элементов.

Литература

1. A. Amorin, Evaluating the performance of the OneNeb Series 2 Nebulizer with PerkinElmer Optima 7/8x00 Series ICP-OES systems, *Agilent Technologies Competitive Comparison*, № публикации 5991-6664EN (**2016**).
2. J. Cauduro, Simultaneous analysis of hydride and non-hydride-forming elements via ICP-OES, *Agilent Technologies White Paper*, № публикации 5991-6445EN (опубликовано перед печатью **2016**).

Дополнительная информация

Представленные данные отражают характерные результаты. Дополнительную информацию о продуктах и услугах нашей компании см. на веб-сайте www.agilent.com/chem.

www.agilent.com/chem

Компания Agilent не несет ответственности за возможные ошибки в настоящем документе, а также за убытки, связанные с получением настоящего документа, ознакомлением с ним и его использованием или являющиеся следствием этих действий.

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

© Agilent Technologies, Inc., 2016.
Напечатано в США
29 февраля 2016 г.
5991-6509RU

Agilent Technologies