

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Коптелова Е.Н., Кутакова Н. А., Третьяков С. И. Извлечение экстрактивных веществ и бетулина из бересты при воздействии СВЧ-поля // Химия растительного сырья. – 2013. – №4. – С. 159–164.
2. Безумова А. В., Третьяков С. И., Кутакова Н. А., Коптелова Е.Н. Извлечение субериновых кислот из бересты при воздействии СВЧ-поля. Химия растительного сырья. 2018. № 1. С. 21–28.

Сведения об авторах

Бобожонов Элмурод

Аспирант

Мамуров Нодиржон

Студент магистратуры

Третьяков Сергей Иванович

Профессор кафедры

Кандидат технических
наук, профессор

Павел Юдочкин, Михаил Ушаков

Pavel Yudochkin, Mikhail Ushakov

ОБЕСПЕЧЕНИЕ НЕОБХОДИМОЙ ТОЧНОСТИ ПРОЦЕССА ИЗМЕРЕНИЯ КОНЦЕНТРАЦИИ РТУТИ В ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЕ, ПРОМЫШЛЕННОСТИ И ПРОДУКЦИИ

ENSURING THE NECESSARY ACCURACY OF THE MERCURY CONCENTRATION MEASUREMENT PROCESS IN THE ENVIRONMENT, INDUSTRY, AND PRODUCTS

ФГБОУ ВО Тульский государственный университет», г. Тула
«TULA STATE UNIVERSITY»

Важность измерения ртути в окружающей среде заключается в том, что ртуть признана токсичным, стойким и подвижным загрязнителем. Она не разлагается в окружающей среде и становится подвижной из-за летучести этого элемента и нескольких его соединений.

The importance of measuring mercury in the environment lies in the fact that mercury is recognized as a toxic, persistent and mobile pollutant. It does not decompose in the environment and becomes mobile due to the volatility of this element and several of its compounds.

Ключевые слова: ртуть, анализатор, атомно-абсорбционная спектрометрия, погрешность, измерение.

Keywords: mercury, analyzer, atomic absorption spectrometry, error, measurement.

Измерение ртути важно для:

1. Оценки состояния окружающей среды. Более глубокое понимание глобального цикла ртути помогает прогнозировать, как усилия регулирующих органов по сокращению выбросов в атмосферу, воду и землю повлияют на концентрации ртути в окружающей среде, биоте и людях.

2. Защиты здоровья людей. Загрязнённая ртутью окружающая среда представляет опасность для глобального общественного здравоохранения, поскольку ртуть включена в список «десяти ведущих химических веществ, вызывающих озабоченность».

3. Разработки мер по снижению выбросов ртути. На основе полученных данных можно разрабатывать меры по сокращению и, где это возможно, окончательному устранению глобальных антропогенных выбросов ртути в воздух, воду и землю.

В анализаторах ртути используется принцип атомно-абсорбционной спектроскопии (ААС) [2]. Атомно-абсорбционная спектроскопия основана на измерении поглощения резонансного излучения свободными атомами в газовой фазе за относительно короткое время (рис.). Этот метод, возникший более полувека назад, широко распространён в аналитической практике для определения элементного состава вещества. Он отличается высокой избирательностью, чувствительностью и экспрессностью. Развитие и совершенствование ААС принципиально расширили возможности аналитической химии.

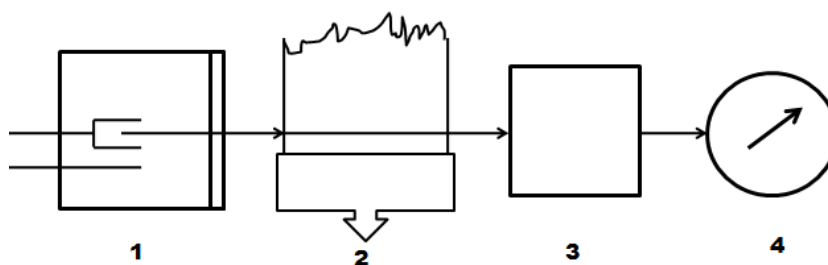


Рисунок - Основные узлы атомно-абсорбционного спектрометра

- 1- лампа с полным катодом для получения линейчатого спектра,
- 2- пламя для атомизации и проба(атомизатор),
- 3- монохроматор и усилитель,
- 4- детектор

Суть метода заключается в том, что элементы в состоянии атомов поглощают волну света определённой длины, переходя при этом в возбуждённое состояние. Количество световой энергии поглощения пропорционально количеству атомов анализируемого вещества на пути излучения. Во многих случаях использование атомно-абсорбционной спектроскопии (ААС) для определения следов металлов привело к значительному

вытеснению такого широко известного метода, как спектрофотометрия, уступающего атомной абсорбции по селективности, трудоёмкости и чувствительности. По производительности работы и скорости выполнения анализов больших партий однотипных проб пламенная абсорбция превосходит такие классические химические методы, как гравиметрический, титриметрический, спектрофотометрический, электрохимический и другие [3].

При определении ультрамалых концентраций отдельных элементов электротермическая атомная абсорбция успешно конкурирует со многими инструментальными методами анализа.

На данный момент ААС позволяет определить около 70 элементов — металлов и неметаллов. Для большинства определяемых элементов возможно достижение относительно низких пределов обнаружения: в пламенном варианте — от десятых долей до десятков и сотен мкг/л, в электротермическом варианте — от тысячных до десятых долей мкг/л. Преимуществом метода ААС является его универсальность в отношении самых разнообразных объектов анализа, а также возможность применения его как для определения следов, так и надёжного и точного выявления основных компонентов в образцах сложных составов.

Принцип действия РА-915+ основан на дифференциальном атомно-абсорбционном способе измерения концентрации паров ртути, который реализуется с помощью зеемановской модуляционной поляризационной спектроскопии с высокочастотной модуляцией. Источник излучения помещён в постоянное магнитное поле, под действием которого резонансная линия ртути с длиной волны 254 нм расщепляется на ряд зеемановских компонент. Результаты измерения приведены в таблице.

Таблица

Определение метрологических характеристик РА-915+

Номинальное значение концентрации, нг/м ³	Измерение 1		Измерение 2		Измерение 3	
	Показания СИ <i>Si</i> , нг/м ³	Δ , %	Показания СИ <i>Si</i> , нг/м ³	Δ , %	Показания СИ <i>Si</i> , нг/м ³	Δ , %
1170	1053	10,0	1074	8,2	996	14,9
10620	8965	15,6	8618	18,9	8990	15,3
16240	16610	2,3	15960	1,7	13340	17,9
10620	9165	13,7	9146	13,8	8722	17,9
1170	995	15,0	1054	9,9	1036	11,5
16240	16296	0,3	16990	4,6	13430	17,3

Пределы допускаемой основной относительной погрешности (Δ_d) не должны превышать $\pm 20\%$ [1].

Во многих анализаторах газов и жидкостей пределы допускаемой основной относительной погрешности варьируются в зависимости от диапазона измерений [4], в то время как у анализаторов ртути (РА-915+, РА-915М, УКР-1МЦ и д.р.) это значение остаётся постоянным, т.е. прибор может быть признан годным, при этом не гарантируя необходимую точность измерения малых концентраций ртути, например, в лабораторных исследованиях, приготовлении специальных растворов.

Для дальнейшего решения данной проблемы считаю необходимым изменение пределов допускаемой основной относительной погрешности прибора в диапазоне от 20 до 10000 нг/м³ (ориентировочно до 15%) с подробным описанием процесса градуировки прибора, что требует дальнейшего изучения данной проблемы и проведении необходимых расчетов [5].

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. 951.00.00.00.МП для анализаторов ртути РА-915+ утверждённая ВНИИМ им. Д.И. Менделеева.
2. В. Н. Беляцкий «Основы методов атомно-абсорбционной и атомно-эмиссионной спектроскопии». Минск: БГМУ, 2015.
3. А. А. Ганеев, С. Е. Шолупов, А. А. Пупышев, А. А. Большаков, С. Е. Погарев «Атомно-абсорбционный анализ». Издательство «Лань», 2011.
4. Авдеева А.Н., Хромова Г.А., Нигматова Д.И., Абляимов О.С. Метод "летучка" на лекционных занятиях по дисциплине "метрология и стандартизация" // Теория и практика современной науки. 2023. № 2 (92). С. 119-122.
5. Акименко А.Ю. Проблемы стратегического характера в метрологии, которые необходимо решить в предстоящее десятилетие // Главный метролог. 2023. № 1 (130). С. 30-34.

Сведения об авторах

Юдочкин Павел Юрьевич
Ушаков Михаил
Витальевич

Студент магистратуры
Профессор кафедры

Доктор технических наук,
профессор