

Каждая из таблиц БД содержит поле «Примечание», которое при необходимости может быть использовано для внесения информации, отсутствующей в других полях.

В таблице «Метеорологические_параметры» первичный ключ состоит из полей «Метеостанция» и «Дата». Первичные ключи остальных таблиц простые. Выбранные типы данных соответствуют условию минимизации дискового пространства, необходимого для хранения БД. Так как значения всех числовых полей не превышают 2^{15} , для них использован тип SMALLINT. Максимальная длина текстовых полей установлена в зависимости от их содержания и составляет от 1 до 1000. Тип BOOLEAN является достаточным для хранения значений поля «Метеорологические_параметры. Осадки_мм».

В настоящее время в таблице «Цикл_измерений» имеется 38 записей, в таблице «Метеорологические_параметры» — около 18000 записей.

Структура БД обеспечивает выполнение запросов по ряду критериев, необходимых для пользователей. Возможно, в частности, выборка данных о выделении (поглощении) метана почвами заданных географических регионов, при заданном типе землепользования, при возделывании заданных сельскохозяйственных культур.

Заключение. Использование БД позволит уточнить относящиеся к сельскохозяйственному сектору данные, которые необходимы для ведения национального кадастра парниковых газов и для контроля выполнения международных обязательств Российской Федерации по ограничению их выбросов. Информация, содержащаяся в БД, может быть также использована для оценки воздействия экономических и технологических изменений

на выбросы, поглотители и накопители парниковых газов на сельскохозяйственных предприятиях.

К потенциальным применениям БД относятся, в частности, задачи анализа связей между почвенными процессами цикла метана и факторами среды, включая параметризацию соответствующих моделей. Информацию, входящую в БД, использовали для определения параметров зависимости поглощения CH_4 пахотными почвами от теплообеспеченности вегетационного периода. Установленные параметры позволили получить оценки поглощения метана пахотными почвами для республик, краев и областей европейской части России и суммарную оценку для этой территории [1].

Литература

1. Чистотин М.В. Поглощение метана пахотными почвами: зависимость от факторов среды и региональные оценки // Евразийское научное объединение. - 2017. - № 12 (34). - С. 211-215.
2. Batjes N.H. World inventory of soil emission potentials, WISE 2.1: Profile database user manual and coding protocols / International Soil Reference and Information Centre. Wageningen, 1995. (ISRIC Technical paper 26) vi, 56 p.
3. Climate change 2013: The physical science basis. Contribution of Working Group I to the Fifth assessment report of the Intergovernmental Panel on Climate Change / Eds. Stocker T.F. et al. Cambridge; New York : Cambridge University Press, 2013. 1535 p.
4. Global and national soils and terrain digital databases (SOTER). Procedures manual / United Nations Environmental Program; International Society of Soil Science; International Soil Reference and Information Centre; Food and Agriculture Organization of the United Nations. 1995. (World Soil Resources Reports 74, Rev. 1) 126 p.
5. Global summary of the day [Электронный ресурс]. URL: <https://www.ncdc.noaa.gov> (дата обращения: 20.08.2018).
6. MySQL 8.0 reference manual [Электронный ресурс]. URL: <https://downloads.mysql.com/docs/refman-8.0-en.pdf> (дата обращения: 20.08.2018).
7. Smith K.A., Dobbie K.E., Ball B.C., Bakken L.R., Sitaula B.K., Hansen S., Brumme R., Borken W., Christensen S., Priemé A., Fowler D., Macdonald J.A., Skiba U., Klemetsson L., Kasimir-Klemetsson A., Degórská A., Orlanski P. Oxidation of atmospheric methane in Northern European soils, comparison with other ecosystems, and uncertainties in the global terrestrial sink // Global change biology. 2000. Vol. 6. P. 791—803.

DESIGN AND PRODUCTION OF A DATABASE ON METHANE EXCHANGE BETWEEN AGRICULTURAL SOILS AND THE ATMOSPHERE

M.V. Chistotin, M.V. Belichenko

Pryanishnikov Institute of Agrochemistry, Pryanishnikova ul. 31A, 127550 Moscow, Russia, e-mail: chistotinmv@yahoo.com

A relational database, which contains published annual and seasonal values of emission/uptake of atmospheric methane by agricultural soils, was created using the MySQL database management system. The database contains information on the soil, land use type, crop, method of measurement, and meteorological parameters for each annual measurement campaign. The data model enables queries by a number of criteria which users potentially need. The database may be used for analyses of relationships between soil processes of the methane cycle and environmental controls, including model parameterization.

Keywords: agricultural lands, greenhouse gases, methane, relational databases, SQL

АТОМНО-ЭМИССИОННАЯ СПЕКТРОМЕТРИЯ И МИКРОВОЛНОВАЯ МИНЕРАЛИЗАЦИЯ КАК КОМПЛЕКСНЫЙ ИНСТРУМЕНТАЛЬНЫЙ ПОДХОД ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ СОДЕРЖАНИЯ СВИНЦА В РАСТЕНИЯХ И ПРОДУКЦИИ РАСТЕНИЕВОДСТВА

**В.А. Литвинский, к.б.н., Е.А. Гришина, к.б.н., В.В. Носиков, к.б.н., Л.О. Сушкова, ВНИИА
ВНИИ агрохимии, ул. Прянишникова, 31А. г. Москва, 127550, Россия
Тел: +7 (499) 976-46-47. E-mail: vl.litvinskiy@gmail.com**

Работа написана по государственному заданию № 0572-2014-0011.

Показано, что метод атомно-эмиссионной спектроскопии с индуктивно связанной плазмой наиболее подходит для мультиэлементного анализа объектов окружающей среды и определения содержания в компонентах агроценозов микроэлементов и тяжелых металлов, в том числе свинца. Поэтому была исследована возможность

использования этого метода в сочетании с микроволновой минерализацией проб для определения содержания свинца в продукции растениеводства, пригодной для приготовления кормов в органическом животноводстве, вместо предписываемых нормативными документами классических сухого и/или мокрого озоления для подготовки пробы и анализа методом атомно-абсорбционной спектроскопии.

Ключевые слова: атомно-эмиссионная спектрометрия, индуктивно-связанная плазма, СВЧ-минерализация, микроволновая минерализация, растения, продукция растениеводства, свинец, методы определения, органическое животноводство, органическое земледелие.

DOI: 10.25680/S19948603.2018.105.19

История оптических спектральных инструментальных методов в аналитической химии насчитывает не менее 150 лет, начиная с изобретения во второй половине XIX в. колориметра и спектрографа [1]. Совершенствование этих методов в течение века и освоение техники индуктивно связанной плазмы привели к созданию в 1960-е годы атомно-эмиссионных спектрометров различных конструкций, что послужило развитием классического пирохимического качественного анализа солей металлов [2]. Метод атомно-эмиссионной спектроскопии с индуктивно связанной аргоновой плазмой (АЭС-ИСП) обладает рядом достоинств по сравнению с классическим методом атомно-абсорбционной спектроскопии (ААС). В первую очередь он характеризуется экспрессностью при анализе в одной пробе содержания нескольких элементов и более высокой воспроизводимостью аналитических результатов [3]. В агроэкологических объектах для определения содержания микроэлементов и тяжелых металлов все чаще используют метод АЭС-ИСП, базирующийся в современной аналитической практике на международных нормативных материалах [4, 5].

Одним из тяжелых металлов, требующих точного и достоверного определения содержания в растениях и растениеводческой продукции, используемой в животноводстве на корм скоту, является свинец. Этот элемент – токсикант первого класса опасности [6]. Его доступность из почвы для растений, способность к миграции в цепи растение – сельскохозяйственные животные – человек в сочетании со способностью накапливаться в живых организмах [7, 8], токсичностью в низких концентрациях и выраженными мутагенными свойствами делают свинец чрезвычайно опасным. Он опасен как для растений [9], так и для сельскохозяйственных животных [10], которым поступает на корм, а также для людей – потребителей сельскохозяйственной продукции [11].

Цель нашей работы – оценить пригодность для определения содержания свинца в растениях и растениеводческой продукции комплексного подхода, включающего измерение методом АЭС-ИСП и современный способ минерализации проб – СВЧ-разложение.

Методика. Для оценки предлагаемого способа подготовки проб и аналитического метода использовали в качестве объекта стандартные образцы (СО) растительной продукции, которая допускается к использованию в органическом животноводстве в качестве кормового сырья.

В целях оценки пригодности микроволновой минерализации для подготовки проб озоляты, полученные в результате СВЧ-разложения, анализировали с использованием ААС – метода, рекомендованного существующими нормативными материалами. Также отбирали аликвоты растворов-озолятов СО для моделирования минерализатов растительного материала различного

происхождения с содержанием свинца, близким к максимально допустимому уровню (МДУ). Для приготовления этих растворов к аликвотам озолятов добавляли аликвоты ГСО, содержащие количество свинца, соответствующее его концентрации в растворе после разложения пробы растительности с близким к МДУ содержанием определяемого тяжелого металла.

Приготовленные растворы анализировали методами ААС и АЭС-ИСП. Это позволило определить концентрации свинца (находящиеся в области значений МДУ) предлагаемым аналитическим методом и оценить метрологические характеристики, сравнив полученные данные с результатами анализа гостированным методом.

Окончательные варианты эксперимента: 1. СО 10-222-2017 (зерно пшеницы); 2. СО 10-222-2017 + МДУ; 3. СО 10-223-2017 (сено злаковое); 4. СО 10-223-2017 + МДУ; 5. СО 10-209-2015 (травяная мука бобовая); 6. СО 10-209-2015 + МДУ; 7. СО 10-210-2015 (клубни картофеля); 8. СО 10-210-2015 + МДУ; 9. СО 10-204-2014 (зерно кукурузы); 10. СО 10-204-2014 + МДУ.

Реагенты. Все реактивы, применяемые в данном исследовании, имели квалификацию не ниже ЧДА, если не указано иначе, водные растворы были приготовлены с использованием деионизированной воды, соответствующей требованиям ГОСТ Р 52501-2005 [12]. Для анализа использовали следующие растворы: 1. HNO_3 конц. 2. ГСО ионов свинца 7777-2000. 3. Рабочие растворы: 0,00 мг/дм³; 0,01; 0,05; 0,10; 0,50; 1,00 мг/дм³. 4. Кислота лимонная, х.ч. по ГОСТ 3652; водный раствор с массовой долей 20 %. 5. Фенолфталеин по ТУ 6-09-5360, раствор водно-спиртовой с массовой долей 1 %. 6. Аммиак водный, х.ч., раствор с массовой долей 5 % по ГОСТ 3760. 7. Натрия N,N-диэтилдитиокарбамат, ч.д.а. по ГОСТ 8864; водный раствор с массовой долей 0,5 % (готовился в день анализа). 8. Бутиловый эфир уксусной кислоты по ГОСТ 22300, ч.

Подготовка проб. Пробы растительных объектов высушивали до воздушно-сухого состояния в сушильном шкафу при температуре 65°C, затем каждую пробу размалывали на лабораторной мельнице и просеивали через сито с отверстиями 1 мм. Остаток на сите после ручного измельчения в ступке добавляли к просеянной части и тщательно перемешивали. Массовую долю гигроскопической влаги определяли в приготовленных для испытания пробах по ГОСТ 31640-2012 [13].

Минерализацию навесок СО осуществляли в устройстве СВЧ-разложения MDS-2000 (пр-во СЕМ, США). Максимальная мощность данной системы составляет 630 Вт, она оснащена шестью аналитическими фторопластовыми автоклавами.

Навеску растительной пробы массой $1,0 \pm 0,01$ г помещали в автоклав и приливали к ней $10,0 \pm 0,1$ мл кон-

центрированной азотной кислоты. Автоклавы герметично закрывали и помещали в устройство СВЧ-разложения. Минерализацию осуществляли согласно рекомендациям производителя: четыре цикла нагрева (5 мин)/охлаждения (10 мин), мощность нагрева составляла 50 % от максимальной.

После окончания минерализации автоклавы вынимали из устройства микроволновой подготовки и давали остыть в вытяжном шкафу до комнатной температуры. Затем их открывали, каждый минерализат переносили в отдельную мерную колбу объемом 20 см³ и доводили до метки деионизированной водой. Для озолятов с добавлением ГСО раствора свинца в отдельные пробирки отбирали по 10 мл и вносили аликвоту ГСО объемом 25 мкл. Аналогично выполняли контрольный опыт, для которого проводили все стадии анализа, кроме взятия навески пробы.

Содержание свинца для всех минерализатов стандартных образцов после СВЧ-разложения было выше предела обнаружения атомно-эмиссионного спектрометра на 1-2 порядка и в то же время на порядок ниже предела концентраций, для которого в случае ААС - определения рекомендовано экстракционное концентрирование минерализатов, что и выполняли в соответствии с ГОСТ 30178-96.

Определение содержания свинца методами ААС и АЭС-ИСП проводили в трехкратной повторности для каждого из 5 параллельно приготовленных минерализатов каждого стандартного образца.

Для определения содержания свинца в пробах стандартных образцов методом атомно-абсорбционной спектроскопии использовали ААС-анализатор AAS Vario 6 (пр-во Analytic Jena AG, Германия), позволяющий выполнять измерения в режиме атомизации в воздушно-ацетиленовом пламени, что соответствует требованиям нормативных документов, применявшихся при установлении метрологических характеристик СО. Предел обнаружения для определения свинца в растворах, согласно литературным данным [14], составляет 13 мкг·д⁻¹.

Атомно-эмиссионный анализ выполняли с использованием АЭС-ИСП-анализатора iCAP 6300 DUO (пр-во Thermo Scientific, США). Данная модель обладает двойным (радиальным и аксиальным) обзором плазмы. Предел обнаружения для определения свинца в растворах, согласно информации производителя [15], составляет 4,5 мкг·д⁻¹ при радиальном и 1,1 мкг·д⁻¹ при аксиальном обзоре плазмы.

При выполнении анализа использовали рекомендованные производителем [16] значения рабочих параметров спектрометра: мощность плазмы 1150 Вт, скорость подачи раствора насосом 50 об/мин, распылительный поток - 0,5 л/мин, вспомогательный поток - 1,0 л/мин, обзор плазмы двойной.

На этапе разработки методики при выборе длин волн руководствовались стремлением исключить влияние многочисленных спектральных интерференций. Для анализа были выбраны три длины волн (рис. 1).

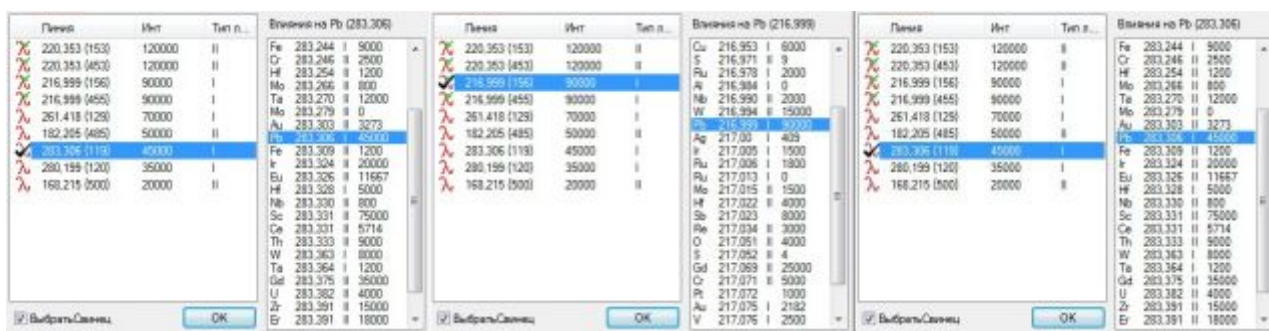


Рис. 1. Аналитические длины волн для анализа свинца методом АЭС-ИСП

Результаты и их обсуждение. Для статистического анализа экспериментальных значений использовали доверительный интервал с $\alpha=0,05$. Рассматривали значения, полученные ААС - методом для трех аналитических повторностей каждого из пяти экспериментальных

повторений, с целью оценки различий варьирования индивидуальных значений содержания свинца в минерализатах, приготовленных с использованием СВЧ-минерализации параллельно из каждого стандартного образца (рис. 2).

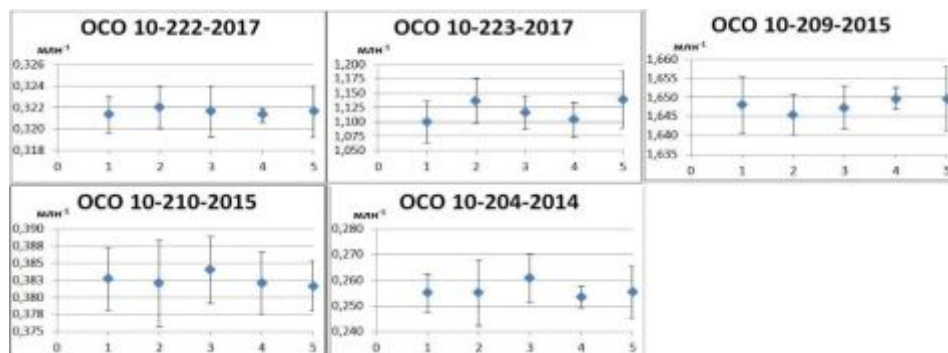


Рис 2. Анализ варьирования ААС-определения содержания свинца в СВЧ-минерализатах для экспериментальных повторностей (n=5).

Как видно, для любого из стандартных образцов с достоверностью не менее 95 % отсутствовало статистически достоверное различие между содержанием свин-

ца в СВЧ-озолятах, определенное с использованием нормативного аналитического метода.

Варьирование индивидуальных измеренных значений содержания свинца не превышающее 2,9 %, что объясняется разницей в гомогенности стандартных образцов зерна, сена, муки и клубней картофеля.

Результаты, полученные при определении содержания свинца методами ААС и АЭС-ИСП после СВЧ-минерализации навесок стандартных образцов, представлены в таблице.

Определение содержания свинца в стандартных образцах растительности атомно-абсорбционным и атомно-эмиссионным методами

№ п/п	Образец	Среднее значение для ААС измерения*	Доверительный интервал для ААС измерения*	Среднее значение для АЭС-ИСП измерения*	Доверительный интервал для АЭС-ИСП измерения*	Аттестованное значение СО	Аттестованная погрешность измерения СО
		млн ⁻¹					
1	ОСО 10-222-2017	0,322	0,002	0,3224	0,0010	0,320	0,004
2	ОСО 10-222-2017+МДУ	5,321	0,002	5,3223	0,0007	–	–
3	ОСО 10-223-2017	1,119	0,054	1,1273	0,0135	1,140	0,090
4	ОСО 10-223-2017+МДУ	6,120	0,052	6,1310	0,0159	–	–
5	ОСО 10-209-2015	1,648	0,007	1,6465	0,0031	1,650	0,010
6	ОСО 10-209-2015+МДУ	6,647	0,006	6,6461	0,0025	–	–
7	ОСО 10-210-2015	0,382	0,006	0,3819	0,0032	0,380	0,010
8	ОСО 10-210-2015+МДУ	5,384	0,005	5,3816	0,0025	–	–
9	ОСО 10-204-2014	0,256	0,012	0,2613	0,0041	0,250	0,020
10	ОСО 10-204-2014+МДУ	5,254	0,009	5,2611	0,0023	–	–

*Рассчитано для трех аналитических и пяти экспериментальных повторностей.

Как видно, для каждого стандартного образца содержание свинца, определенное ААС - методом после СВЧ-минерализации как среднее для аналитических и экспериментальных повторностей, находилось в диапазоне значений, заданном абсолютной погрешностью значения СО, аттестованной с использованием атомно-абсорбционной спектроскопии после классического озоления, рекомендованного соответствующим нормативным документом.

Средние значения содержания свинца в стандартных образцах, определенные методом АЭС-ИСП после СВЧ-разложения навесок, также находятся в диапазонах, ограниченных аттестованными погрешностями значений СО.

Внесение аликвот ГСО в озолоты для моделирования содержания свинца в растительности на уровне значений МДУ неизбежно привело бы к возникновению случайной ошибки в измерении и сделало бы невозможным использование для сравнения расчетных значений содержания определяемого элемента. Поэтому со значениями, полученными для атомно-абсорбционного анализа модельных растворов с содержанием свинца, близким к МДУ сравнивали результаты атомно-

эмиссионного анализа этих растворов. Сравнение с использованием доверительного интервала с уровнем значимости 0,95 позволяет утверждать, что для содержания свинца в количествах, близких к МДУ, достоверно отсутствует различие между результатами анализа гостированным и предлагаемым методами после СВЧ-минерализации.

Относительные величины доверительного интервала для атомно-эмиссионного определения содержания свинца не превышали 1,6 % в диапазоне значений 0,1-0,5 млн⁻¹ и 1,2 % для содержания свыше 1,0 млн⁻¹. Эти значения статистического параметра существенно ниже соответствующих величин, закрепленных в нормативных документах для ААС - определения содержания свинца в растительной продукции. Абсолютные значения доверительного интервала для ААС-измерений в тех же диапазонах уступают таковым для АЭС-ИСП - измерений в среднем в 2-4 раза.

Кроме того, оценивалось влияние микроволновой пробоподготовки на варьирование результатов анализа содержания свинца атомно-эмиссионным методом (рис. 3).

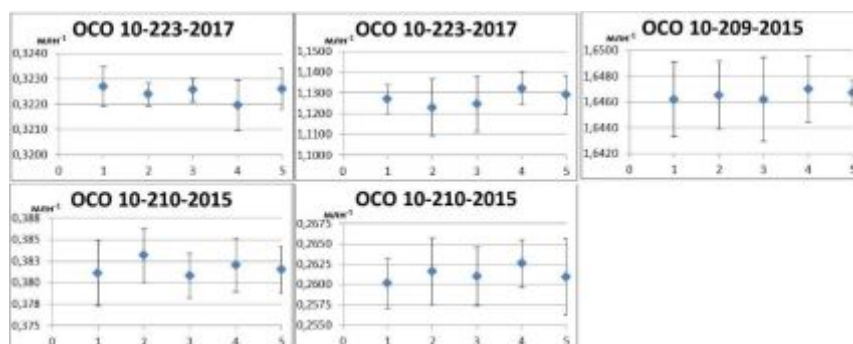


Рис. 3. Анализ варьирования АЭС-ИСП-определения содержания свинца в СВЧ-минерализатах для экспериментальных повторностей (n=5)

Из рисунка 3 видно, что с достоверностью не менее 95 % для любого из стандартных образцов средние из-

меренные значения для экспериментальных повторностей не различались.

Наблюдавшееся варьирование индивидуальных измеренных значений содержания свинца наблюдалось и в этом случае. Однако, эта тенденция оставалась статистически недостоверной (вариация менее 1,1 %), несмотря на большую чувствительность АЭС-ИСП - определения по сравнению с ААС. Это подтверждает пригодность СВЧ-минерализации для подготовки к анализу содержания свинца растительных проб, различных по физико-механическим свойствам.

Выводы. Для проб растительной продукции СВЧ-минерализация с достоверностью не ниже 95 % не вызвала статистически достоверной вариации измерения содержания свинца и для ААС, и для АЭС-ИСП - определения. В обоих случаях наблюдалось незначительное влияние механической подготовки растительной пробы. Была подтверждена статистическая достоверность ($p < 0,05$) результатов, полученных с помощью предлагаемого метода для растительной продукции различного вида (зерно, сено, травяная мука, клубнеплоды) в диапазоне содержания свинца, соответствующем области значений, нормируемой существующими стандартами с использованием ААС - метода. Полученные в эксперименте относительная и абсолютная воспроизводимости определения содержания свинца в растительной продукции различного происхождения в несколько раз превосходили соответствующие показатели для гостированного аналитического метода. Это является преимуществом предлагаемого подхода перед общепринятым, использующим для подготовки проб классические способы озоления и ААС в качестве аналитического метода. Для определения содержания свинца в растениях и продуктах растениеводства нами предложен комплексный подход, включающий СВЧ-минерализацию проб и аналитическое определение методом АЭС-ИСП. Пригодность предложенного подхода для определения содержания свинца в растениях и продуктах растениеводства подтверждена с использованием отраслевых стандартных образцов состава кормов и сельскохозяйственной продукции и статистических показателей. Предложенный комплексный подход мо-

жет быть рекомендован для анализа кормов растительного происхождения в системе мероприятий органического животноводства и в аналитической практике различных лабораторий РФ, в том числе агрохимического профиля.

Литература

1. Sutton, M.A. Spectroscopy and the chemists: a neglected opportunity? AMBIX Vol. 23. – Part I, March 1976. – pp. 16-26.
2. Greenfield, S. High-pressure plasmas as spectroscopic emission sources S. Greenfield, I. L. Jones, C. T. Berry. Analyst, 1964. – Is. 1064. – pp. 713-720.
3. Литвинский, В.А. Использование метода атомно-эмиссионной спектроскопии с индуктивно-связанной плазмой для определения содержания цинка в растениях и продукции растениеводства / В.А. Литвинский, Е.А. Гришина, В.В. Носиков, С.Л. Белоухов // Бутлеровские сообщения. – 2018. – Т. 54. – № 4. – С. 140-148.
4. EN ISO 6869:2000 Animal feeding stuffs - Determination of the contents of calcium, copper, iron, magnesium, manganese, potassium, sodium and zinc - Method using atomic absorption spectrometry.
5. ISO 27085:2009(en) Animal feeding stuffs — Determination of calcium, sodium, phosphorus, magnesium, potassium, iron, zinc, copper, manganese, cobalt, molybdenum, arsenic, lead and cadmium by ICP-AES.
6. Ветеринарно-санитарные нормы и требования к качеству кормов для непродуктивных животных. Утверждены указанием Департамента ветеринарии Минсельхозпрод РФ 15 июля 1997 г. N 13-7-2/1010.
7. Пестова, Н. Ю. Влияние накопления ионов свинца на репродукцию растений на примере подсолнечника масличного (*Helianthus Annus L.*) / Н.Ю. Пестова, С.Н. Опарина // Международный научно-исследовательский журнал. – 2016. – №7. – С. 19-21. oi.org/10.18454/IRJ.2016.49.044.
8. Новикова, М.А. Влияние хронической свинцовой интоксикации на организм человека / М.А. Новикова, Б.Г. Пушкарёв, Н.П. Судаков, С.Б. Никифоров, О.А. Гольдберг, П.М. Явербаум // Сибирский медицинский журнал. – 2013. – № 2. – С. 13-16.
9. Зигель, Х. Некоторые вопросы токсичности ионов металлов. / А. Зигель, Х. Зигель – М.: Мир, 1993. – 368 с.
10. Колесников, В.А. Оценка содержания тяжелых металлов (свинец и кадмий) в семенах перспективных кормовых растений / В.А. Колесников, А.А. Аветисян // Вестник КрасГАУ. – 2015. – №4 – С. 10-14.
11. Бурак, Ж. М. Воздействие свинцовой интоксикации на человека и животных, влияние на развитие и функции зубочелюстной системы / Ж. М. Бурак, А. В. Сукало, Т. Н. Терехова // Медицинский журнал. – 2005. – № 4. – С. 10-13.
12. ГОСТ Р 52501-2005 Вода для лабораторного анализа. Технические условия.
13. ГОСТ 31640-2012 Корма. Методы определения содержания сухого вещества.
14. The Determination of Chemical Elements in Food: Applications for Atomic and Mass Spectrometry. Sergio Caroli (Editor), Wiley, 2007. – 752 p.
15. Thermo Scientific iCAP 6000 Series ICP Instrument Detection Limits. Application Note: 40792. Cambridge, Thermo Electron Limited, 2009. – 2 p.
16. Determination of trace elements in soils and sediments. Application Note: 40756. Cambridge, Thermo Electron Limited, 2008. – 2 p.

ATOMIC-EMISSION SPECTROSCOPY AND MICROWAVE DIGESTION AS AN INTEGRATED TOOL APPROACH FOR DETERMINATION OF LEAD CONTENT IN PLANTS AND CROP PRODUCTION

V.A. Litvinskiy, E.A. Grishina, V.V. Nosikov, L.O. Sushkova, Pryanishnikov Institute of Agrochemistry, Pryanishnikova ul. 31A, 127550 Moscow, Russia, E-mail: vl.litvinskiy@gmail.com Phone: +7 (499) 976-46-47.

The method of atomic emission spectrometry with inductively coupled plasma is currently the most suitable of optical spectral methods for the purposes of multi-element analysis of environmental objects and determination of the content of microelements and heavy metals, including lead, in elements of agrocenoses. The safety of crop production is given increased attention in organic livestock, especially products suitable for the preparation of feed. Currently, the normative documents relevant to the Russian Federation prescribe the determination of the content of this heavy metal using classical dry and/or wet ashing for sample preparation and analysis by atomic absorption spectroscopy. We have investigated the possibility of solving this problem at a modern, essentially higher level using a complex approach involving microwave sample decomposition and analysis with inductively coupled plasma atomic emission spectrometry.

Key words: atomic emission spectrometry, inductively coupled plasma, microwave digestion, plants, plant products, lead, methods of determination, organic livestock, organic farming.