

DOI: 10.26896/1028-6861-2019-85-1-II-126-129

## ПОДГОТОВКА СПЕЦИАЛИСТОВ В ОБЛАСТИ СПЕКТРАЛЬНОГО АНАЛИЗА В ФИЗИКО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКОМ ИНСТИТУТЕ УрФУ

© Дмитрий Георгиевич Лисиенко, Маргарита Адамовна Домбровская, Евгения Дмитриевна Кубрина

Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б. Н. Ельцина, физико-технологический институт, кафедра физико-химических методов анализа, г. Екатеринбург, Россия; e-mail: lis-dg@yandex.ru

*Статья поступила 10 октября 2018 г. Поступила после доработки 10 октября 2018 г.  
Принята к публикации 25 ноября 2018 г.*

Рассмотрены особенности подготовки специалистов, бакалавров и магистров в области атомно-эмиссионного спектрального анализа на кафедре физико-химических методов анализа УрФУ. При подготовке бакалавров объем курса «Методы атомного спектрального анализа» сокращен почти вдвое по сравнению с аналогичным курсом специалитета. Существенно уменьшены объемы всех видов практики и исследовательских работ, поэтому выпускники бакалавриата могут встраиваться в реальную практическую деятельность лабораторий предприятий и организаций только на лаборантских должностях. Обучение в магистратуре позволяет углубить теоретические знания, но особенное значение имеет большой объем научно-исследовательских работ и практик. Таким образом, только полный цикл двухуровневого образования может быть сопоставим с прежней инженерной подготовкой специалистов. Приведена структура учебного плана и описаны особенности постановки курсов повышения квалификации специалистов аналитических лабораторий (дополнительное профессиональное образование). Курсы ориентированы на подробное изучение особенностей регистрации атомно-эмиссионных спектров анализатором МАЭС с применением программы «Атом». Описан опыт проведения преподавателями УрФУ в учебных центрах предприятий курсов повышения квалификации работников заводских лабораторий. Эта форма дополнительного профессионального образования рекомендована для повышения квалификации работников лабораторий крупных предприятий.

**Ключевые слова:** подготовка бакалавров, магистров; дополнительное профессиональное образование; анализатор МАЭС; программа «Атом».

## TRAINING OF SPECIALISTS IN SPECTRAL ANALYSIS IN THE INSTITUTE OF PHYSICS AND TECHNOLOGY, URAL FEDERAL UNIVERSITY (UrFU)

© Dmitry G. Lisienko, Margarita A. Dombrovskya, Evgeniya D. Kubrina

Ural Federal University named after the first President of Russia B. N. Yeltsin, Physical-technological Institute, Department of physical and chemical methods of analysis, Yekaterinburg, Russian Federation; e-mail: lis-dg@yandex.ru

*Received October 10, 2018. Revised October 10, 2018. Accepted November 25, 2018.*

Features of training specialists, bachelors, and masters in the field of atomic emission spectral analysis at the Department of Physical and Chemical Methods of Analysis [Ural Federal University (UrFU)] are considered. When training bachelors, coverage of the specialty course “Methods of atomic spectral analysis” is reduced almost by half compared to the same course for specialist. Length of practicals and research trainings is also significantly reduced. Therefore, students graduated with a bachelor degree can be incorporated into the actual practical activities of the laboratories at the enterprises and research companies only in laboratory positions. Master’s program is deeper in theoretical knowledge and research training and practicals become of particular importance. Thus, only a full cycle of two-level education can be comparable with the previous engineering training of specialists. The structure of the curriculum and features of setting up advanced training courses (additional professional education) for specialists in analytical laboratories focused in particular on a detailed study of the features of recording atomic emission spectra by the MAES analyzer using the ATOM program is presented. The experience of advanced training of the personnel of industrial laboratories conducted at the training centers of UrFU is described. This form of additional professional education is recommended for advanced and refresher’s training of the laboratory personnel at large enterprises.

**Keywords:** training of bachelors and masters; additional professional education; MAES analyzer and ATOM program.

Атомный спектральный анализ занимает ведущие позиции в контроле состава разнообразных веществ и материалов. Без этого метода анализа не могут существовать металлургия, геология, атомная промышленность, экология и многие другие отрасли. За последние годы достигнуты существенные успехи в развитии теории метода и особенно его аппаратурного оформления. Это определяет и особые требования к подготовке специалистов, которые должны решать сложнейшие аналитические задачи в современных спектральных лабораториях.

Кафедра физико-химических методов анализа «УПИ», затем — «УГТУ-УПИ», «УрФУ», с 1964 г. в рамках основной специальности — «технология редких и радиоактивных элементов» — проводила подготовку инженеров-аналитиков широкого профиля. Инициатором открытия специализации был тогда доцент В. Н. Музгин. Первый выпуск состоялся в 1968 г. За весь срок обучения инженеров (5 лет 6 месяцев) общий объем часов дисциплин аналитического профиля составлял около 26 % от общего числа часов учебного плана. Учебные курсы и их основные разделы приведены в табл. 1. Важной составляющей курса был «Атомный спектральный анализ», в структуре которого было до 64 ч лекций и 52 ч лабораторных занятий.

Важное место в подготовке инженеров-аналитиков занимали учебно-исследовательские работы (УИР), в ходе которых студенты решали важные для кафедры аналитические задачи, а также шестинедельные производственные практики после 3-го и 4-го курсов в заводских лабораториях, где, как правило, они работали с присвоением квалификации лаборанта или техника. Преддипломная практика и выполнение дипломной работы занимали весь 11-й семестр (6 курс).

Такая система позволяла готовить инженеров-аналитиков, в том числе, специалистов в области атомного спектрального анализа, с широким кругозором, владеющих знаниями о технолого-

гических процессах и особенностях их контроля, прогрессивно мыслящих, умеющих грамотно подойти к решению самых сложных аналитических задач и отстоять свою точку зрения.

В итоге были подготовлены сотни инженеров, подавляющее большинство которых (более 70 %) работало и до сих пор работает на производстве. Многие из них стали руководителями заводских и цеховых лабораторий, секторов и групп. Около 20 % выпускников работают в аналитических лабораториях академических и отраслевых научно-исследовательских институтов и около 5 % — в вузах. Почти 20 % наших выпускников стали кандидатами наук, а 8 человек — докторами наук. Есть лаборатории, где почти весь руководящий состав представлен выпускниками кафедры ФХМА: это, например, ЦАЛ «Завода по обработке цветных металлов» и ЦЗЛ «Уральского электрохимического комбината».

С переходом в 2011 г. на болонскую двухуровневую систему кафедра старалась сохранить выработанный подход к аналитическому образованию. В рамках направления «Химическая технология» организован выпуск бакалавров — аналитиков со сроком обучения 4 года.

После частых, почти ежегодных изменений Федеральных государственных образовательных стандартов (ФГОС), учебных и рабочих планов сейчас создан модуль «Аналитический контроль в технологии материалов новой техники» (общий объем — 1296 ч). Структура учебных дисциплин аналитического направления в целом сохранена (см. табл. 1). Однако резко сократилась доля аудиторного обучения, предполагающего живое общение студентов с преподавателями и друг с другом. Произошло значительное увеличение учебной нагрузки на профессорско-преподавательский состав. В итоге ухудшился контроль за приобретением студентами знаний, умений, навыков. Существенно сокращено время, отведен-

**Таблица 1.** Курсы специализации и их основные разделы

Курс	Семестр	Разделы
Аналитическая химия	3 – 4	Гравиметрия. Титриметрия. Хроматография
Атомный спектральный анализ	5	Эмиссионный. Абсорбционный
Молекулярный спектральный анализ	6	Инфракрасная спектрометрия. Спектрометрия комбинационного рассеяния света. Спектрофотометрия
Электрохимические методы	7	Кондуктометрия, ВЧ-методы и диэлкометрия. Потенциометрия. Вольтамперометрия. Кулонометрия
Физические методы	8	Рентгеновские. Ядерно-физические. Масс-спектрометрия. Термический анализ
Технический анализ	9 – 10	Общая стратегия методической работы. Пробоотбор. Пробоподготовка. Анализ объектов технологии редких и радиоактивных элементов

ное для УИР студентов, всех видов практики и выполнения дипломной работы.

Так, в настоящее время курс бакалавриата «Методы атомного спектрального анализа» включает всего 34 ч лекций и 34 ч лабораторных занятий, т.е. он сокращен по сравнению с инженерным почти вдвое. Тем не менее лабораторные работы по данному курсу, которые демонстрируют использование различных способов регистрации спектров и обработки спектральной информации, позволяют студентам приобрести навыки выполнения качественного и количественного атомно-эмиссионного анализа. Активная форма лабораторных занятий построена на базе аппаратуры, допускающей свободное и, в большей части, ручное управление основными операционными условиями (например, спектрографы PGS-2, оснащенный анализатором МАЭС, и ИСП-30 с фотографической регистрацией спектров, атомно-абсорбционный спектрометр AAS-1, лазерный микроанализатор LMA 10 и др.). Это позволяет глубже осознать теоретические положения метода, блок-схему прибора, взаимодействие его отдельных узлов. Последнее особенно важно из-за большого числа моделей и типов используемого в лабораториях спектрального оборудования. В обзорных занятиях студенты знакомятся с современной компьютерно-управляемой техникой (эмиссионный спектрометр с индуктивно-связанной плазмой Optima 2100 DV, абсорбционный спектрометр Analyst 800).

Все это хотя и позволяет выпускникам бакалавриата встраиваться в реальную практическую деятельность лабораторий предприятий и организаций, но в основном на лаборантских должностях. «Урезанное» образование препятствует также их дальнейшему карьерному росту.

Дальнейшее образование может быть получено в рамках магистратуры — на кафедре ФХМА это программа «Аналитический контроль природных и технических объектов». Курс «Методы атомной спектрометрии» (18 ч лекций, 18 ч практических занятий, 36 ч лабораторных работ) предполагает для «собственных» бакалавров, получивших образование на кафедре, углубление знаний и умений, а для сторонних, не имеющих специальной аналитической подготовки, — только общее знакомство с методами атомной эмиссии и абсорбции.

Важное место в образовании магистров занимают научно-исследовательская работа и различные виды практики. В рамках специализации по эмиссионному спектральному анализу эти виды учебной работы проходят в основном в институтах УрО РАН — металлургии, геологии и геохимии, где идет освоение методов с индуктивно-связанной плазмой (ИСП), а также на ка-

федре с использованием, в том числе, и традиционных источников возбуждения — дуговых и искровых разрядов с применением анализатора МАЭС. Дипломные работы магистров посвящены решению актуальных аналитических задач. Таким образом, только полный цикл двухуровневого образования может быть сопоставим с прежней инженерной подготовкой специалистов.

Важным направлением работы кафедры является повышение квалификации специалистов аналитических лабораторий.

Особой популярностью пользуется программа дополнительного профессионального образования (ДПО) «Методические основы атомно-эмиссионного спектрального анализа с применением МАЭС» объемом 72 ч. Это обусловлено высокой востребованностью квалифицированных специалистов по спектральному анализу в аналитических лабораториях. Но, к сожалению, многие работники спектральных лабораторий довольно слабо владеют теоретической базой этого метода. Другая причина состоит в широком внедрении на предприятиях анализатора МАЭС производства «ВМК-Оптоэлектроника». Его успешное применение требует особой подготовки специалистов. Наконец, широкая реклама представителями и руководством «ВМК-Оптоэлектроника» также определяет значительное внимание к нашим курсам.

Учебно-тематический план программы ДПО представлен в табл. 2. Он предполагает обновление и углубление знаний теории атомного эмиссионного спектрального анализа и метрологических аспектов аналитического контроля. Особое внимание уделено подробному изучению особенностей регистрации атомно-эмиссионных спектров анализатором МАЭС, функционированию и возможностям программы «Атом».

Ввиду сложности изучаемого материала и необходимости индивидуального подхода к каждому слушателю из-за различного начального уровня подготовки для занятий формируются относительно небольшие группы (оптимально — по 5–8 человек). Оформление ведется в форме договора с УрФУ по предварительной заявке предприятия. Занятия на курсах проводятся 2 раза в год во второй половине января и июня. Подробная информация о проведении занятий размещена на сайте «ВМК-Оптоэлектроника». По отдельным заявкам возможны проведение индивидуального обучения по заданной тематике, а также организация курсов на территории заявителя. По окончании курсов слушатели получают удостоверение о повышении квалификации установленного государством образца.

К настоящему времени в УрФУ на курсах ДПО прошли обучение около 180 специалистов

**Таблица 2.** Учебно-тематический план программы ДПО

Содержание	Количество часов			
	Всего	В том числе		
		лекции	практические занятия	лабораторные занятия
<b>Модуль 1. Теоретические основы эмиссионного спектрального анализа</b>	30	24	2	4
1.1. Общие закономерности формирования интенсивности спектральных линий	8	8	0	0
1.2. Источники возбуждения спектров	8	6	0	2
1.3. Методические основы качественного и количественного спектрального анализа	6	4	2	0
1.4. Спектральные приборы и регистрация атомно-эмиссионных спектров	8	6	0	2
<b>Модуль 2. МАЭС и ПО «Атом»</b>	28	8	14	6
2.1. МАЭС. Устройство и принципы работы	4	2	0	2
2.2. Структура программного обеспечения «Атом»	6	2	4	0
2.3. Алгоритмы обработки первичной информации	6	2	4	0
2.4. Создание методик в ПО «Атом»	12	2	6	4
<b>Модуль 3. Метрологическое обеспечение аналитического контроля</b>	14	8	6	0
3.1. Система метрологических показателей методик анализа	4	2	2	0
3.2. Валидация и верификация методик анализа	6	4	2	0
3.3. Оперативный контроль точности анализа	4	2	2	0
<b>Итоговая аттестация</b>	4	—	4	—
<b>Итого</b>	76	40	26	10

из 70 предприятий и организаций России, ближнего и даже дальнего зарубежья.

Есть другая форма организации обучения персонала — выездные курсы повышения квалификации. В соответствии с требованиями к аккредитованным аналитическим лабораториям их специалисты должны систематически повышать уровень своей квалификации. Для получения удостоверения государственного образца о повышении квалификации объем занятий должен превышать 72 ч, что требует отрыва сотрудника от производства (и от дома) минимум на две недели. Обучение специалиста в центрах ДПО обходится предприятию очень дорого, так как затраты на проезд к месту обучения, проживание и командировочные зачастую превышают стоимость цикла повышения квалификации. Названные причины послужили поводом для обращения в УрФУ руководства ряда промышленных предприятий — «Уралэлектромедь» (УЭМ — 2006 г.), Чепецкий механический завод (ЧМЗ — 2007 и 2012 г.), Златоустовский металлургический завод (ЗМЗ — 2008 г.), Сибирский химический комбинат (2010 г.), имеющих мощные аналитические лаборатории, с просьбой об организации выездных курсов повышения квалификации персонала объемом 72 ч. Программу таких курсов формировали на базе предложений предприятия-заказчика. Во всех случаях значительное внимание было уделено новым направлениям спектрального анализа — атомно-эмиссионному

анализу с ИСП и разрядом Гримма, применению твердотельных детекторов оптического излучения, в том числе анализаторов МАЭС, современным способам перевода проб в раствор, что актуально для методов с ИСП и атомной абсорбции, особенностям функционирования современных спектральных приборов с эшелле-оптикой, с источниками непрерывного спектра (атомная абсорбция) и др. Обязательным был и раздел «Метрологическое обеспечение методов анализа». Обучение проводили два преподавателя кафедры на территории местных учебных центров с использованием оборудования лабораторий предприятия. Число слушателей во всех случаях составляло 20 – 30 человек, это были инженерно-технические работники и лаборанты химических и спектральных подразделений лабораторий предприятий. Посещаемость занятий увязывали с необходимостью выполнения текущей аналитической работы предприятия под контролем руководителей лабораторий.

Можно утверждать, и об этом свидетельствуют положительные отзывы руководителей лабораторий, что освоенные кафедрой ФХМА формы подготовки и повышения квалификации специалистов весьма эффективны, способствуют формированию глубоких знаний в области атомного спектрального анализа, подкрепленных навыками обращения с анализатором МАЭС и программой «Атом».