

АНАЛИТИЧЕСКАЯ ХИМИЯ УРАЛА. ПРЕДИСЛОВИЕ К СПЕЦИАЛЬНОМУ ВЫПУСКУ

DOI: 10.31857/S0044450223120149, EDN: EIPKER

Урал — это удивительный край, щедро одаренный природой. Урал и примыкающие к нему Предуралье и Зауралье занимают огромную территорию, которая включает Свердловскую, Челябинскую, Курганскую, Оренбургскую области, Удмуртию, ХМАО, ЯНАО, Пермский край, Республику Коми. Уральский регион исключительно богат разнообразными природными ресурсами, в его недрах находятся запасы медных, никелевых, железных, цинковых руд, нефти, природного газа, каменного угля. Местная сырьевая база стала основой развития черной и цветной металлургии, машиностроения, химической и нефтегазовой промышленности, которые способствовали формированию науки на Урале.

Чтобы лучше понять многогранность и особенности химической науки на Урале, надо обратить взгляд на историю ее развития. В конце XIX века Урал был одним из важнейших горнодобывающих районов Российской империи с бурно развивающейся промышленностью. По мере развития региона все актуальнее становилась потребность в научных, образовательных и просветительских центрах. На тот момент на Урале не существовало ни одного научно-образовательного учреждения, хотя вопрос об открытии университета неоднократно обсуждался уральской общественностью. О необходимости открытия на Урале металлургического института, тесно связанного с нуждами промышленности, высказывался Д.И. Менделеев. Первыми высшими учебными заведениями на Урале стали Горный институт (1914), Пермский университет (1917), Уральский государственный университет (1920) и Уральский политехнический институт (1920). В вузах начали формироваться химические отделения и факультеты.

Развитие академической науки на Урале берет свое начало с 1932 года, когда были открыты первые лаборатории в тогда же созданном Уральском филиале Академии наук СССР, их научные коллективы проводили исследования в области органической химии и химического анализа. Лаборатории дали толчок развитию сети научно-исследовательских институтов химического профиля. В то время решали научно-прикладные задачи в области химии нефти и минерального сырья, проводили исследования по разделению метал-

лов с использованием амальгам, разрабатывали новые подходы к обогащению железных и марганцевых руд, извлечению ванадия из титаномагнетитовых руд, создавали стандартные образцы руд, чугунов, сталей, цветных металлов, флюсов, шлаков, кокса.

Потенциал уральской науки многократно вырос в годы Великой Отечественной войны, когда на Урал были эвакуированы научно-исследовательские институты из других городов Советского Союза. Все усилия уральской науки в годы войны были направлены на решение задач военного времени. Достижения этого сложного периода включают открытие новых месторождений полезных ископаемых, разработку эффективных способов получения моторного топлива, создание новых лекарственных препаратов, разработку методов извлечения редких элементов и др. Все эти исследования были связаны с химическим анализом. Огромной популярностью пользовался бесстружковый метод анализа, который позволял проводить определение химического состава объектов военной техники без их повреждения. Метод был разработан выдающимся ученым-аналитиком Н.А. Тананаевым, который на тот момент заведовал кафедрой аналитической химии Уральского политехнического института. Адаптация бесстружкового метода анализа к полевым условиям была осуществлена с помощью переносных лабораторий, получивших название “аптек Танаева”. Н.А. Тананаев создал мощную советскую аналитическую школу на Урале, заслуженными учениками которой были В.Л. Золотавин, В.Н. Подчайнова и И.И. Калиниченко. В.Л. Золотавин внес значительный вклад в развитие аналитической химии ванадия, а В.Н. Подчайнова — аналитической химии меди. Их книги “Аналитическая химия ванадия” (М.: Наука, 1981) и “Аналитическая химия меди” (М.: Наука, 1990) из серии “Аналитическая химия элементов” известны многим поколениям аналитиков. И.И. Калиниченко основал научное направление по синтезу и исследованию координационных соединений, разработанные при его участии катализаторы твердых ракетных топлив нашли широкое применение.

Во второй половине прошлого века в Уральском регионе происходило активное развитие учреждений химического профиля академического, от-

раслевого и вузовского секторов науки. Увеличилось число вузов, кафедр аналитической химии, которые готовили кадры для промышленности, научных учреждений, экологических лабораторий, санэпидемстанций, лабораторий других ведомств. Формировались научные школы, причем точки роста возникали преимущественно в высших учебных заведениях.

В Уральском индустриальном институте им. С.М. Кирова в 1949 году была организована кафедра физико-химических методов анализа (ФХМА), которой с 1950 по 1976 годы заведовал В.Л. Золотавин. В этот период был разработан способ извлечения ванадия из сточных вод, налажен выпуск новых ванадиевых реактивов. С 1976 г. заведовать кафедрой стал профессор В.Н. Музгин, под руководством которого были развернуты работы по изучению процессов испарения и атомизации в газовом разряде с полым катодом, созданию аэрозольно-искрового метода анализа, изучению характеристик высокочастотного факельного разряда и дугового плазмотрона, разработке вольфрамового спирального атомизатора и промышленного прибора на его основе. В 80–90-е годы на кафедре начинают активно развиваться новые научные направления: термодинамическое моделирование термохимических процессов в спектральных источниках под руководством А.А. Пупышева; синтез и аттестация Государственных стандартных образцов химического состава под руководством Д.Г. Лисиенко. С 1997 г. регулярно издается научный журнал “Аналитика и контроль”. За последние 20 лет под руководством А.А. Пупышева опубликована серия монографий и учебников по атомно-абсорбционному и атомно-эмиссионному спектральному анализу, масс-спектрометрии с индуктивно связанной плазмой.

Уральская электроаналитическая школа формировалась в течение последних 50 лет на базе Свердловского института народного хозяйства (теперь Уральский государственный экономический университет) и получила развитие в Уральском федеральном университете. Основателем школы является Заслуженный деятель науки РФ, профессор Х.З. Брайнина. Работы школы всегда были направлены на решение актуальных задач своего времени, связанных с анализом объектов полупроводниковой электроники, окружающей среды, мониторинга здоровья человека. Фундаментальные исследования были посвящены развитию теории инверсионной вольтамперометрии, изучению механизмов и кинетики электродных процессов на макро-, микро- и наноструктурированных электродах, созданию потенциометрического и хроноамперометрического методов оценки антиоксидантной/оксидантной активности и др. На основе результатов теоретических исследований были разработаны приборы, сенсоры и методики анализа объектов окружающей среды, растительного сырья, про-

дуктов питания, лекарственных средств, биологических жидкостей и тканей.

Под руководством профессора В.Ф. Барковского в Уральском государственном университете в 1960–1980 гг. выполнялись исследования, направленные на развитие теории спектрофотометрических методов анализа, изучение процессов комплексообразования ионов металлов с неорганическими и органическими лигандами, разделение и концентрирование редкоземельных элементов. Научные идеи В.Ф. Барковского получили развитие в работах Л.К. Неудачиной. Применение оптических методов анализа для контроля сорбционных процессов в многокомпонентных системах позволило разработать сорбционно-спектроскопические методы селективного концентрирования и последующего определения ионов благородных металлов в сложных по составу матрицах.

Неоценимый вклад в развитие пермской школы аналитиков внес Заслуженный деятель науки РСФСР С.И. Гусев, который многие годы возглавлял кафедру общей и аналитической химии Пермского медицинского института. Большую известность получили его работы по синтезу, изучению и использованию новых гетероциклических пиридил-, тиазолил-, антипирил- и хинолилазосоединений для фотометрического, комплексонометрического, экстракционно-фотометрического определения Zn, Bi, Ga, In, Tl, Co и других элементов. С.И. Гусевым было синтезировано более пятидесяти новых гетероциклических азосоединений. Становление пермской школы химиков-аналитиков происходило при тесном сотрудничестве коллективов аналитических кафедр медицинского института и Пермского университета. Работы С.И. Гусева по изучению антипирина и амидопирина стали началом применения производных пиразолона в исследованиях В.П. Живописцева, Б.И. Петрова, М.И. Дёгтева из Пермского университета. В.П. Живописцевым были предложены трехфазные экстракционные системы для химического анализа, синтезированы антипириновые и пиразолоновые красители, издана монография “Аналитическая химия цинка” (М.: Наука, 1975 г.). М.И. Дёгтев внес вклад в изучение катионообменных реакций β-дикетонных и дипиразолонилалканов с ионами металлов, обоснование применения октилового спирта для извлечения однозарядных хлоридных комплексных ионов металлов, что в настоящее время используется в технологии получения чистых ниобия и тантала.

Неразрывно связана с историей развития аналитической химии и высшего фармацевтического образования на Западном Урале кафедра аналитической химии Пермского фармацевтического института, которая была организована в 1937 г. Кафедрой руководили профессора Н.И. Кромер, Н.Я. Хлопин, Г.И. Кудымов и др., внося свой

вклад в развитие химического и инструментального анализа лекарственных средств. С 2009 г. кафедре возглавляет профессор Е.В. Вихарева. Под ее руководством коллектив кафедры добился значительных успехов в разработке новых методик анализа лекарственных средств и способов переработки фармацевтических отходов с целью получения биологически активных веществ.

В институтах академического профиля исследования в области аналитической химии проводились в меньших масштабах, чем в вузах, тем не менее можно отметить ряд известных аналитических лабораторий в институтах Уральского отделения Российской академии наук. Основным направлением исследований аналитической лаборатории Института высокотемпературной электрохимии, многие годы руководителем которой был к.т.н. В.Н. Стрекаловский, стало изучение элементного, фазового и молекулярного состава, распределения элементов и веществ по поверхности и глубине твердых образцов. В результате высокотемпературных рентгенографических исследований были установлены структура расплавленных галогенидов щелочных металлов и механизмы взаимодействия в сложных оксидных и галогенидных системах, состав продуктов электрокристаллизации и коррозии.

В лаборатории физико-химических методов анализа Института химии твердого тела УрО РАН, руководителями которой были к.х.н. Н.В. Баусова, д.х.н. Д.И. Курбатов, д.х.н. Р.Н. Плетнев и (в настоящее время) д.х.н. Е.В. Поляков, развивались полярографические методы, структурный анализ неорганических веществ, методы исследования тугоплавких соединений, методы концентрирования и разделения, включающие создание многофункциональных композитных фильтрующих материалов. Накоплен большой эмпирический материал по фотокаталитической активности наноразмерных оксидов титана, цинка, карбидов вольфрама и других переходных металлов.

Основные направления работ лаборатории физических и химических методов исследования Института геологии и геохимии УрО РАН включают комплексные исследования состава, структуры и свойств природных, синтетических, био- и техногенных минералов, изотопно-геохронологические исследования эволюции литосферы, развитие и усовершенствование методик анализа минералов и пород. Под руководством академика С.Л. Вотякова в институте создан современный аналитический центр “Геоаналитик”, в котором выполняются широко востребованные изотопные и геохимические исследования.

Научная история Урала неразрывно связана с атомной промышленностью. В период с 1946 по 1953 г. на территории Урала начали появляться закрытые города, основной задачей которых бы-

ло создание ядерного оружия. В этот период на Урал были направлены сотни молодых и перспективных ученых. Первенцем среди комплекса предприятий по переработке и производству ядерного топлива стал завод № 817 (в настоящее время ФГУП “ПО “Маяк”, г. Озерск, Челябинская область), который решал важнейшую задачу получения особо чистого плутония с содержанием не более 0.0001% продуктов деления. Под руководством известных ученых А.П. Виноградова, В.К. Маркова, П.Н. Палея были проведены фундаментальные исследования химических и физических свойств плутония, разработаны нейтрометрический метод анализа без отбора проб и методики определения плутония в различных технологических растворах, развит спектральный анализ плутония в сочетании с фракционной термической дистилляцией. В этих работах принимал участие известный электроаналитик, главный научный сотрудник Института твердого тела УрО РАН Д.И. Курбатов. Многие аналитические подходы, развитые ранее, до сих пор актуальны и применяются в лабораториях атомной промышленности. Сегодня лаборатории ФГУП “ПО “Маяк” являются одними из самых оснащенных и широкопрофильных лабораторий Госкорпорации “Росатом”.

Другими крупнейшими предприятиями на Урале оборонно-промышленного комплекса стали завод № 813 (в настоящее время Уральский электрохимический комбинат, г. Новоуральск) и завод № 814 (в настоящее время “Комбинат Электрохимприбор”, г. Лесной Свердловской области). История этих предприятий началась с 1946 и 1947 гг. соответственно. Для решения научно-исследовательских задач по получению высокообогащенного гексафторида урана и аналитического обеспечения технологического процесса при заводе № 813 была создана Центральная заводская лаборатория (ЦЗЛ), в которую из Свердловска были направлены Ю.В. Карякин, М.В. Якутович, С.В. Карпачев. Научными сотрудниками лаборатории был разработан комплекс методик определения изотопного состава урана, создан ряд приборов, ставших прототипами современных промышленных масс-спектрометров. В 90-х годах при реализации российско-американского проекта ВОУ-НОУ (высокообогащенный оружейный уран в низкообогащенный уран для атомных электростанций) ЦЗЛ перешла на международные стандарты ASTM при сдаче продукции. В настоящее время аналитический центр ЦЗЛ обеспечивает контроль изотопного состава урана и примесей в технологических потоках гексафторида урана, экоаналитический мониторинг объектов окружающей среды.

Завод № 814 был создан как предприятие по разделению изотопов урана электромагнитным способом. “Комбинат Электрохимприбор” — единственное в мире предприятие, выпускающее в промышленных масштабах некоторые виды изото-

пов для международного и внутреннего рынка, обладатель уникальных запатентованных технологий получения практически всех изотопов большинства элементов Периодической системы. Аналитики комбината большое внимание уделяют технологическому контролю и аттестации продукции производства, разработке и внедрению методик определения содержания примесных элементов в твердых изотопно-обогащенных веществах с использованием масс-спектрометрического метода. Стабильные изотопы, производимые на комбинате, широко применяют в электронике, ядерной медицине, радиофармологии, фундаментальных научных исследованиях.

Задача обогащения минерального сырья и техногенных отходов всегда была в приоритете для Уральского региона. АО “Уралмеханобр” более 90 лет проводит научные исследования по обогащению и механической обработке полезных ископаемых. Разработку и аттестацию новых методик анализа продуктов черной и цветной металлургии, решение сложных аналитических задач по установлению химического состава минерального сырья и техногенных отходов горнорудного производства на всех этапах переработки обеспечивает аналитическая лаборатория, которую в течение многих лет возглавляла к.х.н. Н.И. Стенина. В зависимости от поставленных задач, природы и содержания элементов в лаборатории используются разные методы анализа, но наиболее широко применяются спектроскопические методы для определения цветных, порообразующих, редких, благородных и др. металлов.

В аналитической лаборатории АО “Уралредмед” (г. Верхняя Пышма, Свердловская область) проводятся научные исследования и аналитический контроль производства особо чистых оксидов всех редкоземельных элементов и многих редких элементов (Y, Sc, V, Mo, W, Nb, Ta, Zr, Hf) с использованием атомно-эмиссионной спектроскопии. Разработанные методики атомно-эмиссионного спектрального анализа с высокой степенью избирательности позволяют определять один редкоземельный элемент на фоне других и красящих примесей. Лаборатория стала главным разработчиком ГОСТа 23862.0-79 “Редкоземельные металлы и их оксиды”.

Большой вклад в развитие спектральных методов анализа на Урале внесла Комиссия по спектроскопии, председателями которой были Г.П. Скорняков и С.Б. Шубина. Целями и задачами Комиссии были пропаганда достижений спектроскопии и содействие их внедрению, проведение совещаний, конференций, школ. С 1956 по 1992 гг. под руководством Комиссии было проведено 12 Уральских совещаний по спектроскопии. Начиная с 1997 г., проведение конференций по спектроскопии было возрождено редакцией журнала “Ана-

литика и контроль”. На этих конференциях ученые и производственники (250–300 участников на каждой) обменивались опытом работы, узнавали о новейших достижениях в области спектральных методов анализа.

Во все времена аналитики Урала большое внимание уделяли качеству аналитического контроля и точности измеряемых химических показателей. Начало развития метрологии на Урале уходит своими корнями в самое начало XX века, когда в Екатеринбурге в 1902 г. была открыта поверочная палата. В 1933 г. в Уральском институте черных металлов была организована лаборатория по созданию отечественных стандартных образцов, а спустя 30 лет на ее базе возник Всесоюзный научно-исследовательский институт стандартных образцов и спектральных эталонов, который после череды преобразований в 1993 г. стал Институтом стандартных образцов (ЗАО “ИСО”). В настоящее время ЗАО “ИСО”, возглавляемый директором к.т.н. В.В. Степановских, обеспечивает потребности аналитических лабораторий промышленных предприятий в государственных стандартных образцах (ГСО) состава металлургических материалов. Номенклатура постоянно выпускаемых для химического и спектрального анализа включает более 570 типов ГСО: железных, марганцевых, хромовых и медных руд, ферросплавов, чугунов, сталей, титана и титановых сплавов, флюсов, огнеупоров и другие. Другим метрологическим учреждением с многолетней историей является Уральский научно-исследовательский институт метрологии (УНИИМ) – филиал ФГУП “ВНИИМ им. Д.И. Менделеева”. В УНИИМ под руководством директора д.т.н. Е.П. Собины проводятся фундаментальные и прикладные исследования, направленные на создание, совершенствование и применение государственных и вторичных эталонов, стандартных образцов, разработку нормативных документов в определении химического состава вещества.

Свердловск был базой Государственной службы стандартных образцов; большой вклад в развитие этой службы внес д.т.н. А.Б. Шавечич.

Современной тенденцией в исследованиях аналитиков Урала является разработка простых портативных датчиков, сенсоров, приборов, тест-систем, способных использоваться в режиме *in situ*, *on site*, *online*, *point-of-care*. В Уральском государственном лесотехническом университете под руководством И.Н. Липунова и И.Г. Первой разрабатываются гибридные химические тест-системы для сигнального и полуколичественного определения химической загрязненности воды, почвы, воздуха, продуктов питания металлами-токсикантами, в которых сочетаются максимальная экспрессность анализа, удобство применения, наглядность результата и достоверность.

В последнее десятилетие у аналитиков Урала наблюдается смещение акцента с решения задач в области металлургии или охраны окружающей среды на решение проблем медицинской диагностики и персонализированной медицины, что сопряжено с предстоящим переходом к высокотехнологичному здравоохранению и технологиям здоровьесбережения. Замена неорганических аналитов на аналиты биоорганической природы в сложных матричных объектах анализа поставила перед аналитиками ряд сложных задач, решение которых потребовало знания в области органической, коллоидной, физической, полимерной химии, а следовательно, и объединение знаний и усилий ученых разных научных школ. Совершенно очевидно, что будущее уральской науки состоит в развитии существующих и становлении новых научных школ, в усилении активного взаимодействия между академической, вузовской наукой и производством, отраслевыми предприятиями.

В коротком предисловии к специальному выпуску “Аналитическая химия Урала” невозможно охватить и описать все научные направления и школы, творческие коллективы и производственные лаборатории Урала, их историю и достижения в области аналитической химии. Но даже в рамках этого небольшого повествования можно представить, насколько многогранна и разнообразна аналитическая химия на Урале и насколько преданно и верно служат ей уральские химики-аналитики.

Этот специальный выпуск журнала включает работы уральских ученых, посвященные определению различных целевых аналитов в пищевых продуктах, лекарственных препаратах, биологических жидкостях, производственных отходах, почвах, осадочных и геологических породах с использованием электрохимических, спектроскопических, хроматографических, сорбционных и других методов.

Н.Ю. Стожко