



Ю.А. Золотов, Л.В. Тумурова

АНАЛИТИЧЕСКАЯ ХИМИЯ В АКАДЕМИИ НАУК

Москва
2023

УДК 543
ББК 24.4
381

381 **Аналитическая химия в Академии наук.** / Ю. А. Золотов, Л. В. Тумурова. – М : РАН, 2023. – 300 с.

ISBN 978-5-907366-97-8

К 300-летию юбилею Российской академии наук авторы подготовили обстоятельный обзор развития аналитической химии членами академии и особенно ее многочисленными институтами. Обсуждается вклад академиков XVIII-XIX веков, но подробнее охарактеризованы достижения учреждений академии в прошлом и нынешнем столетиях и, конечно, рассматривается современное состояние исследований. Много внимания уделено людям – ученым и инженерам, издательской деятельности, инфраструктуре. Помимо работ фундаментального и методического характера, рассматриваются и аналитические службы институтов самого разного профиля – геологического, материаловедческого, биологического и т.д.

Книга представляет интерес для всех, кого интересует химический анализ и аналитическая химия как наука. Она окажется полезной и тем, кто интересуется ролью Российской академии наук в мировой науке и в стране.

УДК 543:001.32
ББК 24.4л

ISBN 978-5-907366-97-8

© Золотов Ю.А., Тумурова Л.В., 2023

Оглавление

Предисловие	7
Глава 1. ОБЩИЙ ВЗГЛЯД НА РАЗВИТИЕ АНАЛИТИЧЕСКОЙ ХИМИИ В АКАДЕМИИ НАУК.	8
1.1. Аналитическая химия в системе химических наук	8
1.2. Аналитическая химия в системе академических институтов	9
1.3. Аналитическое приборостроение в Академии	12
1.4. Аспирантура, диссертационные советы	13
1.5. Аналитики – члены Академии наук	14
Глава 2. РАБОТЫ ПО АНАЛИТИЧЕСКОЙ ХИМИИ ЧЛЕНОВ ИМПЕРАТОРСКОЙ ПЕТЕРБУРГСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК	16
2.1. Небольшие работы XVIII века	16
2.2. Исследования XIX столетия и начала XX века	18
Глава 3. ОТДЕЛЕНИЕ ХИМИИ И НАУК О МАТЕРИАЛАХ	23
3.1. Институт общей и неорганической химии имени Н.С. Курнакова	23
3.2. Институт металлургии и материаловедения имени А.А. Байкова	43
3.3. Институт высокочистых веществ имени Г.Г. Девярых	55
3.4. Институт химии силикатов имени И.В. Гребенщикова	61
3.5. Институт химии и технологии редких элементов и минерального сырья имени И.В.Тананаева	65
3.6. Радиевый институт имени В.Г. Хлопина АН СССР	68
3.7. Институт органической химии имени Н.Д. Зелинского	70
3.8. Институт элементоорганических соединений имени А.Н. Несмеянова	74
3.9. Институт нефтехимического синтеза имени А.В. Топчиева	82
3.10. Институт физической химии и электрохимии имени А.Н. Фрумкина	92
3.11. Институт химической физики имени Н.Н. Семенова	97
3.12. Институт энергетических проблем химической физики имени В.Л.Тальрозе	101
3.13. Институт биохимической физики имени Н.М. Эмануэля	105
3.14. Центр фотохимии	109
3.15. Институт высокомолекулярных соединений	113
3.16. Уфимский институт химии	117

Глава 4. ОТДЕЛЕНИЕ ФИЗИЧЕСКИХ НАУК	119
4.1. Физический институт имени П.И. Лебедева	119
4.2. Институт общей физики имени А.М. Прохорова	125
4.3. Институт спектроскопии	128
4.4. Институт физических проблем имени П.Л. Капицы	131
4.5. Институт ядерных исследований	132
4.6. Институт космических исследований	134
4.7. Физико-технический институт имени А.Ф. Иоффе	136
4.8. Институт физики молекул и кристаллов Уфимского ФИЦ	138
4.9. Другие институты физического профиля	140
Глава 5. ОТДЕЛЕНИЕ НАНОТЕХНОЛОГИЙ И ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ	141
5.1. Институт аналитического приборостроения	141
5.2. Институт проблем технологии микроэлектроники и особо чистых материалов	147
Глава 6. ОТДЕЛЕНИЕ НАУК О ЗЕМЛЕ	151
6.1. Институт геохимии и аналитической химии имени В.И. Вернадского	151
6.2. Институт геологических наук АН СССР	179
6.3. Институт геологии рудных месторождений, петрографии, минералогии и геохимии	181
6.4. Геологический институт	184
6.5. Институт океанологии имени П.Г. Ширшова	186
6.6. Институт горного дела имени А.А. Скочинского АН СССР	188
Глава 7. ОТДЕЛЕНИЕ БИОЛОГИЧЕСКИХ НАУК	189
7.1. Институт биохимии имени А.Н. Баха	189
7.2. Институт проблем экологии и эволюции имени А.Н. Северцова	191
7.3. Институт биоорганической химии имени академиков М.М. Шемякина и Ю.А. Овчинникова	193
7.4. Институт биоинженерии имени К.Г. Скрыбина	194
7.5. Институт биохимии и физиологии микроорганизмов имени Г.К. Скрыбина	195
7.6. Институт фундаментальных проблем биологии	197

Глава 8. СИБИРСКОЕ ОТДЕЛЕНИЕ	199
8.1. Институт неорганической химии имени А.В. Николаева	200
8.2. Институт катализа имени Г.К. Борескова	208
8.3. Новосибирский институт органической химии имени Н.Н. Ворожцова	213
8.4. Институт химии твердого тела и механохимии	219
8.5. Институт геологии и минералогии имени В.С. Соболева	220
8.6. Институт нефтяной геологии и геофизики имени А.А. Трофимука	223
8.7. Институт геохимии имени А.П. Виноградова	227
8.8. Институт земной коры	236
8.9. Лимнологический институт	241
8.10. Институт водных и экологических проблем	245
8.11. Институт оптики атмосферы имени В.Е. Зуева	247
8.12. Геологический институт имени Н.Л. Добрецова	249
Глава 9. УРАЛЬСКОЕ ОТДЕЛЕНИЕ	251
9.1. Институт высокотемпературной электрохимии	251
9.2. Институт химии твердого тела	253
9.3. Институт металлургии	258
9.4. Институт технической химии	259
9.5. Институт механики	260
9.6. Институт экологических проблем Севера	261
9.7. Институт биологии Коми научного центра	263
Глава 10. ДАЛЬНЕВОСТОЧНОЕ ОТДЕЛЕНИЕ	265
10.1. Институт химии	265
10.2. Дальневосточный геологический институт	267
10.3. Северо-Восточный комплексный научно-исследовательский институт имени Н.А. Шило	268
Глава 11. НАУЧНЫЕ УЧРЕЖДЕНИЯ ПРИ ПРЕЗИДИУМЕ АКАДЕМИИ НАУК	269
11.1. Институт истории естествознания и техники имени С.И. Вавилова	269
11.2. Всероссийский институт научной информации	271

Глава 12. НАУЧНО-ОРГАНИЗАЦИОННАЯ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ.	
АКТЫ ПРИЗНАНИЯ	272
12.1. Научный совет РАН по аналитической химии и другие научные советы. Конференции, семинары	272
12.2. Издательская деятельность. Журналы	275
12.3. Международные связи	278
12.4. Акты признания	279
Приложение. История создания Института аналитической химии Академии наук	281
Предметный указатель	291
Именной указатель	293

ПРЕДИСЛОВИЕ

300-летний юбилей Академии наук, отмечаемый в 2024 году, – весомое основание для суммирования и оценки того, что сделала академия. Это, конечно, прежде всего относится к развитию фундаментальных наук, но также и к решению прикладных задач, выдвигаемых государством, к просветительской, экспертной и другим сферам деятельности. Многие члены академии, многие ее сотрудники были и остаются маяками для научной молодежи, а подчас и для широкой общественности.

Эта книга посвящается академической аналитической химии. Уже во введении к книге (и это надо сразу же подчеркнуть и здесь) говорится о том, что современная аналитическая химия – это далеко не только химия. Ныне наука о принципах, методах и средствах химического анализа, об анализе разнообразных объектов опирается на достижения физики, математики, техники и даже биологии. Слово «химия» становится неким ограничителем, поэтому все чаще науку, о которой идет речь, называют аналитикой (Analytics. Analytik) или «аналитической наукой» (Analytical Science).

В книге рассматриваются направления развития аналитической химии в Академии наук, основные достижения, инфраструктура, ведущие ученые. Материал структурирован по отделениям академии, а отделения – по институтам. Оценить же вклад в отдельные направления аналитической химии, в различные методы и т. д. помогает довольно подробный предметный указатель. В книге есть и указатель имен.

Оформлять материалы книги помогала Наталья Владимировна Грачева, которой авторы выражают искреннюю благодарность. Особое спасибо многочисленным коллегам, которые прислали материалы или прочитали разделы, относящиеся к их институтам, сделали исправления и добавления.

Ю.А. Золотов, Л.В. Тумурова

Глава 1

ОБЩИЙ ВЗГЛЯД НА РАЗВИТИЕ АНАЛИТИЧЕСКОЙ ХИМИИ В АКАДЕМИИ НАУК

1.1. Аналитическая химия в системе химических наук

Можно попробовать оценить место аналитической химии в системе химических наук. Начнем с учебных дисциплин. В учебном плане химического факультета МГУ им. М.В. Ломоносова аналитическая химия занимает примерно такое же положение, как неорганическая, органическая или физическая химия. Вот число часов, отводимых на эти дисциплины.

Неорганическая химия	522
Аналитическая химия	432
Органическая химия	486
Физическая химия	324

По числу выпускников, специализирующихся в области аналитической химии, кафедра аналитической химии МГУ занимает обычно 2–4 место среди 16 кафедр химического факультета.

Более важно оценить долю выпускников химических вузов и химических факультетов, работающих после окончания обучения в разных областях химии. В США периодически устраивают опросы работающих химиков – спрашивают, к какой «химии» они отнесли бы то, что они делают (на фирме, в государственной лаборатории, в университете и т. д.). В табл. 1 приведены данные опроса 2005 г. Аналитическая химия оказывается на первом месте; доля аналитиков «по работе» больше их доли «по учебе», аналитиков не хватает, многим химикам – неаналитикам «по диплому» – приходится переучиваться. О нашей стране точных данных нет, но по отрывочным данным можно сделать вывод, что картина примерно такая же, как и в США.

Таблица 1. Результаты опроса работающих американских химиков о том, к какой области химии отнесли бы они ту работу, которую выполняют (2005 г.)

Специализация	% от общего числа опрошенных	% от имеющих ученую степень
Аналитическая химия	17,1	12,2
Медицинская и фармацевтическая химия	10,9	2,2
Органическая химия	10,8	26,0
Химия полимеров	7,3	3,1
Преподавание химии	7,3	1,6
Химия окружающей среды	6,3	2,1

Наука о материалах	5,2	1,0
Биохимия	5,1	8,1
Физическая химия	5,1	11,3
Смежные области науки	4,7	3,7
Биотехнология	4,0	0,5
Неорганическая химия	3,5	9,5
Общая химия	3,1	11,8
Процессы и аппараты химической технологии	-	2,9
Другие химические дисциплины	2,9	1,7
Агрохимия, химия пищевых продуктов	2,8	1,0
Административная работа	1,6	1,0
Информатика	1,0	0,0
Юридическая практика в химии	0,8	0,0
Клиническая химия	0,6	0,2

Данные табл. 1 и те небольшие сведения, которые относятся к России, объясняются тем значением, которое имеют химический анализ и аналитический контроль в жизни современного общества. Это анализ и контроль в большинстве производств – в металлургии, нефтепереработке, в фармацевтической и пищевой промышленности и других индустриальных сферах. Это контроль за состоянием объектов окружающей среды – воды, воздуха. Это разнообразные медицинские анализы. Это обнаружение взрывчатых веществ, наркотиков. Это огромное число агрохимических анализов, хотя бы почвы на фосфор, азот, калий и кислотность. Можно добавить контроль воды в бассейнах на избыточный хлор, оценку состава автомобильных выхлопов. И т. д. и т. п. Все эти и другие подобные задачи могут успешно решаться только при условии развития аналитической химии как науки, которая питает практику, создавая новые чувствительные и точные методы анализа, а также средства, эти методы реализующие, прежде всего аналитические приборы.

1.2. Аналитическая химия в системе академических институтов

Теперь, на фоне нарисованной картины, посмотрим, как аналитическая химия представлена в Российской академии наук. В табл. 2 указано число институтов РАН, нацеленных на разные химические науки.

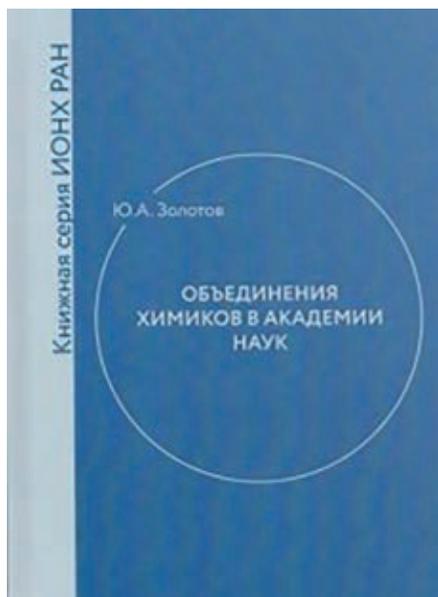
Результат ознакомления с этой таблицей почти ошеломляющий: аналитическая химия институтами представлена очень слабо. Едва ли имеет смысл пытаться понять, почему так получилось; ясно только, что это положение ненормальное.

Таблица 2. Химические институты Академии наук

Основной профиль института	Институты
Неорганическая химия и неорганические материалы	<ol style="list-style-type: none"> 1. Институт общей и неорганической химии им. Н.С. Курнакова РАН 2. Институт химии силикатов им. И.В. Гребенщикова РАН 3. Институт высокочистых веществ им. Г.Г. Девярых РАН. 4. Институт химии и технологии редких элементов и минерального сырья им. И.В. Тананаева РАН 5. Институт металлургии и материаловедения им. А.А. Байкова РАН 6. Институт структурной макрокинетики и проблем материаловедения им. А.Г. Мержанова РАН 7. Институт химии растворов им. Г.А. Крестова РАН 8. Институт неорганической химии им. А.В. Николаева СО РАН 9. Институт химии твердого тела и механохимии СО РАН 10. Институт химии твердого тела УрО РАН 11. Институт металлургии УрО РАН 12. Институт химии ДВО РАН
Аналитическая химия	<ol style="list-style-type: none"> 1. Институт геохимии и аналитической химии им. В.И. Вернадского РАН 2. Институт аналитического приборостроения РАН
Органическая химия, включая нефтехимию	<ol style="list-style-type: none"> 1. Институт органической химии им. Н.Д. Зелинского РАН 2. Институт элементоорганических соединений им. А.Н. Несмеянова РАН 3. Институт нефтехимического синтеза им. А.В. Топчиева РАН 4. Институт биоорганической химии им. академиков М.М. Шемякина и Ю.А. Овчинникова РАН 5. Институт металлоорганической химии им. Г.А. Разуваева РАН 6. Институт физиологически активных веществ РАН 7. Новосибирский институт органической химии им. Н.Н. Ворожцова СО РАН 8. Институт органического синтеза им. И.Я. Постовского УрО РАН 9. Институт органической и физической химии им. А.Е. Арбузова РАН 10. Институт технической химии УрО РАН 11. Институт химии УНЦ РАН 12. Институт химии Коми НЦ РАН
Физическая химия, химическая физика, катализ	<ol style="list-style-type: none"> 1. Институт физической химии и электрохимии им. А.Н. Фрумкина РАН 2. Институт химической физики им. Н.Н. Семенова РАН 3. Институт проблем химической физики РАН 4. Институт энергетических проблем химической физики им. В.Л. Тальрозе РАН 5. Центр фотохимии РАН 6. Институт биохимической физики им. Н.М. Эмануэля РАН 7. Институт катализа им. Г.К. Борескова СО РАН 8. Институт высокотемпературной электрохимии УрО РАН

Мы видим, в Академии наук нет ни одного института, целиком нацеленного на аналитическую химию, в отличие, скажем, от неорганической химии. В Институте геохимии и аналитической химии им. В.И. Вернадского (ГЕОХИ) наша область науки представлена приблизительно третью сотрудников, площадей и т.д. Институт аналитического приборостроения (ИАП) разрабатывает не только собственно аналитические приборы, но и аппаратуру биомедицинского, а иногда и другого профиля. В Академии наук ана-

литическая химия опекается Отделением химии и наук о материалах, но два указанных института находятся в других отделениях: ГЕОХИ в Отделении наук о Земле, ИАП – в Отделении нанотехнологий и информационных технологий [1].



Книга об объединениях химиков в Академии наук

Попытки создать в академии отдельный институт, профилированный в области аналитической химии, предпринимались не раз. История этих попыток освещена в книге Ю.А. Золотова [2] (см. Приложение).

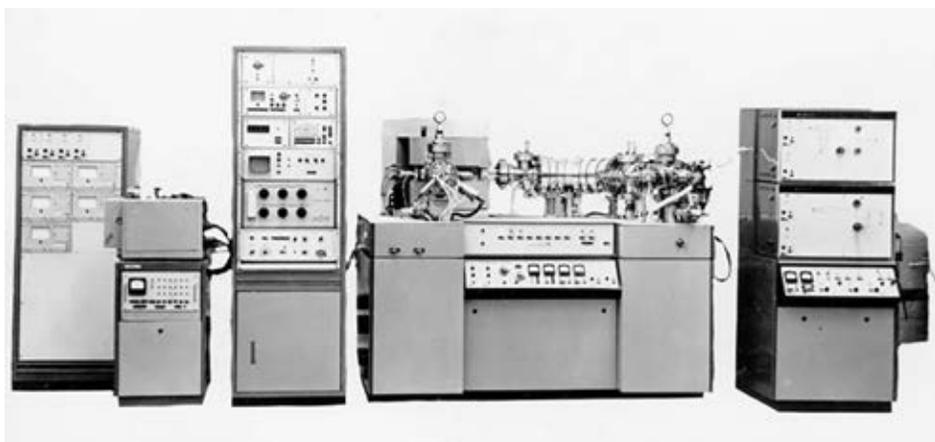
Потребность стимулирует исследования по аналитической химии в «не-профильных» научных учреждениях; неслучайно перечень таких учреждений, вносящих какой-либо вклад в развитие науки о химическом анализе, насчитывает более 60 институтов! Это, разумеется, очень хорошо, но вопроса о профилированных аналитических институтах никак не снимает.

Несмотря на охарактеризованное выше положение с институтами аналитического профиля, аналитики – сотрудники академии многое сделали для укрепления престижа академии, внесли значительный вклад в копилку ее достижений. Об этом и говорится в этой книге. Здесь можно упомянуть активное участие аналитиков академии в Атомном проекте; соответствующий список участников открывал будущий академик А.П. Виноградов, отвечавший в этом проекте за аналитическое обеспечение. Следует назвать также работы по анализу высокочистых материалов для микроэлектроники и других областей техники (Государственная премия СССР 1972 г. сотрудников ГЕОХИ И.П. Алимарина, Ю.А. Золотова, М.С. Чупахина и Ю.В. Яковлева). Работы по высокочистым веществам в широких масштабах проводились и проводятся и в других учреждениях академии – в Институте высокочистых веществ им. Г.Г. Десятых, Институте неорганической химии им. А.В. Ни-

колаева СО РАН, Институте проблем микроэлектроники и особо чистых материалов и в других. Можно указать также разработку методов анализа объектов окружающей среды, объектов биомедицины и т. д.

1.3. Аналитическое приборостроение в академии

В Академии наук проводились и проводятся значительные работы по созданию аналитических приборов. Результаты этой деятельности в основном отражены в этой книге при рассмотрении достижений отдельных институтов. Здесь следует только отметить, что еще в 1958 г. академия создала в Ленинграде Специальное конструкторское бюро (СКБ) аналитического приборостроения, ставшее впоследствии Институтом аналитического приборостроения. В Черноголовке в 1970 годах был построен Экспериментальный завод научного приборостроения со специальным конструкторским бюро; завод специализировался на выпуске высоковакуумных установок, приборов для исследования структуры и химического анализа материалов, а также средств автоматизации эксперимента и обработки данных. Все учреждения и предприятия этого профиля, включая, кроме названных, СКБ уникального приборостроения и еще несколько предприятий, вошли в состав Научно-технического объединения АН СССР, которое взаимодействовало с Научным советом АН СССР по научному приборостроению. В научно-техническом объединении был налажен выпуск масс-спектрометров, например прибора МХ-1310В, Оже-спектрометров, ЯМР-спектрометров, сканирующих электронных микроскопов.



Масс-спектрометр МХ-1310

В 1979 г. Экспериментальный завод вышел из состава Научно-технического объединения и стал самостоятельным предприятием в составе Академии наук СССР.

Неполная сводка аналитических приборов, разработанных в Академии наук в 2000–2014 гг. была опубликована Ю.А. Золотовым [1]. О некото-

рых из указанных в этой публикации разработках говорится в приводимых в этой книге сведениях, относящихся к конкретным институтам. Надо, однако, иметь в виду, что доля академии наук в общем балансе российского аналитического приборостроения относительно невелика [2].

1.4. Аспирантура, диссертационные советы

Аспирантура по специальности «аналитическая химия» имеется в ряде институтов академии – в Институте геохимии и аналитической химии им. В.И. Вернадского, Институте неорганической химии им. А.В. Николаева, Институте общей и неорганической химии им. Н.С. Курнакова и, вероятно, в других.



Авторефераты некоторых докторских диссертаций

Диссертационные советы, имеющие право рассматривать диссертации по специальности «аналитическая химия», работают в названных выше организациях (табл. 3).

Таблица 3. Диссертационные советы в институтах РАН, имеющие специальность «аналитическая химия»

Базовое учреждение	По каким наукам присуждаются степени	Система	Председатель совета
Институт геохимии и аналитической химии им. В.И. Вернадского	Химические, физико-математические, технические	ВАК	Б.Ф. Мясоедов
Институт общей и неорганической химии им. Н.С. Курнакова	Химические	Своя	М.Н. Филиппов
Институт неорганической химии им. А.В. Николаева СО РАН	Химические	ВАК	В.П. Федин

Два раза на заседания Президиума Академии ставились доклады Ю.А. Золотова с обсуждением проблем аналитической химии, и неоднократно публиковались его же статьи в журнале «Вестник Академии наук» (точное название журнала – сначала «Вестник Академии наук СССР», потом «Вестник Российской академии наук»).

1.5. Аналитики – члены Академии наук

Достижения специалистов-аналитиков отмечены избранием ряда ведущих ученых в состав Академии наук. Ниже приведен соответствующий список.

Алимарин Иван Павлович (11.09.1903 – 17.12.1989), академик, избран в 1966 г. по специальности «аналитическая химия» (членом-корреспондентом АН СССР в 1953 г. по той же специальности).

Виноградов Александр Павлович (9(21).08.1895–16.11.1975), академик, избран в 1953 г. по специальности «геохимия, аналитическая химия» (членом-корреспондентом АН СССР – в 1943 г. по специальности «аналитическая химия»).

Золотов Юрий Александрович (род. 04.10.1932), академик, избран в 1987 г. по специальности «аналитическая химия» (членом-корреспондентом АН СССР в 1970 г. по той же специальности).

Карпов Юрий Александрович (01.03.1937–14.07.2021), академик, избран в 2016 г. по специальности «физикохимия и технология неорганических материалов» (членом-корреспондентом АН СССР в 1990 г. по специальности «химия высокочистых веществ»).

Колотов Владимир Пантелеймонович (род. 27.10. 1951), член-корреспондент РАН, избран в 2016 г. по специальности «аналитическая химия».

Мясоедов Борис Федорович (род. 02.09.1930 г.), академик, избран в 1994 г. по специальности «химия» (членом-корреспондентом АН СССР в 1990 г. по специальности «техническая химия»).

Рябчиков Дмитрий Иванович (06.11.1904–18.09.1965), член-корреспондент АН СССР, избран в 1964 г. по специальности «аналитическая химия».

Спиваков Борис Яковлевич (19.05.1941–08.04.2022), член-корреспондент РАН, избран в 2003 г. по специальности «неорганическая и аналитическая химия».

Тананаев Иван Владимирович (04.06.1904–28.02.1993), академик, избран в 1958 г. по специальности «неорганическая химия (членом-корреспондентом АН СССР в 1946 г. по специальности «аналитическая химия»).

Хамизов Руслан Хажсетович (род. 03.08.1955), член-корреспондент РАН, избран в 2022 г. по специальности «аналитическая химия, диагностика материалов».

Шпигун Олег Алексеевич (род. 16.11.1946), член-корреспондент РАН, избран в 2006 г. по специальности «аналитическая химия».

Профессора РАН:

Булатов Андрей Васильевич (род. 19.06.1979), д.х.н., Санкт-Петербургский государственный университет, Институт химии.

Кучменко Татьяна Анатольевна (род. 19.07.1967), д.х.н., Воронежский университет инженерных технологий.

Проскурнин Михаил Алексеевич (род. 19.07.1967), д.х.н., химический факультет Московского государственного университета им. М.В. Ломоносова.

Вклад в аналитическую химию внесли также многие члены Академии наук, не считавшие себя аналитиками. Это, например, академики С.И. Вавилов (люминесцентный анализ), Г.С. Ландсберг (атомно-эмиссионный анализ, комбинационное рассеяние света), члены-корреспонденты АН СССР Б.А. Мамырин и В.Л. Тальрозе (масс-спектрометрия), А.П. Терентьев (функциональный анализ органических веществ), К.В. Чмутов (хроматография), Л.А. Грибов (колебательная спектроскопия). Среди ныне активно работающих – академик К.В. Григорович (металлургия), член-корреспондент РАН Е.Н. Николаев (масс-спектрометрия).

Литература к главе 1

1. *Золотов Ю.А.* Объединения химиков Академии наук. М.: Техносфера. 2021. 149 с.
2. *Золотов Ю.А.* История создания Института аналитической химии Академии наук. Журн. аналит. химии. 2021. Т. 76. №12. С. 1146–1151.
3. *Золотов Ю.А.* Некоторые приборы и устройства, разработанные в Российской академии наук. Журн. аналит. химии. 2015. Т. 70. № 1. С. 93–103.
4. *Цизин Г.И., Золотов Ю.А.* Какие аналитические приборы производят в России? Журн. аналит. химии. 2021. Т. 76. № 3. С.369– 379.

Глава 2

РАБОТЫ ПО АНАЛИТИЧЕСКОЙ ХИМИИ ЧЛЕНОВ ИМПЕРАТОРСКОЙ ПЕТЕРБУРГСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК

Исследования, относящиеся к химическому анализу, проводили академики М.В. Ломоносов, Т.Е. Ловиц, В.М. Севергин, Г.И. Гесс, Ю.Ф. Фритцше, Ф.Ф. Бейльштейн, Н.С. Курнаков, член-корреспондент Г.В. Струве. Единственным химическим учреждением Академии с 1748 по 1918 г. была Химическая лаборатория, основанная М.В. Ломоносовым. Но и у этой лаборатории были периоды, когда ее как бы и не было; это относилось к концу XVIII и первой половине XIX веков. Стабильно лаборатория функционировала лишь начиная со второй половины XIX столетия. В связи с этим, но не только с этим, академики работали в высших учебных заведениях, аптеках и даже в домашних лабораториях. Никто из академиков-химиков не был химиком-аналитиком, точнее говоря, аналитическая химия не была их основной специальностью, однако некоторые из них внесли в эту область химии заметный вклад.

2.1. Некоторые работы XVIII века

М.В. Ломоносов. Хотя о вкладе Михаила Васильевича Ломоносова (1711–1765) в аналитическую химию много написано в 1940–1950 гг., вклад этот относительно скромнен. В заслугу Ломоносову надо поставить создание в 1748 г. первой в России научно-учебной химической лаборатории (до этого были прикладные лаборатории при заводах, монетном дворе или Берг-коллегии). Ломоносов хорошо понимал значение химического анализа. Во «Введении в истинную физическую химию» он отмечал, что для объяснения качеств тел и их изменений обязательно требуется познание состава тел. Владая современным ему «пробирным искусством», Ломоносов выполнял анализы, в том числе по заказам. Способы выполнения анализов были изложены им в учебнике «Первые основания металлургии или рудных дел» (1763). Среди способов были и разработанные автором. Ломоносов проводил четкое различие между растворением металлов в кислотах, которое сопровождается химическими изменениями, и растворением солей в воде, при котором химические изменения, как он считал, не происходят. Его интересовал механизм кристаллизации и влияние разных факторов на растворимость осадков.

Т.Е. Ловиц, Товий Егорович (Иоган Тобиас) Ловиц (1757–1804), работавший в петербургской аптеке и в домашней лаборатории, обнаружил явление пересыщения растворов (1784), открыл адсорбцию веществ углем (1785),

использовал форму кристаллов для распознавания веществ. Он применил абсолютный спирт (который сам и получил впервые) для разделения солей щелочноземельных металлов.

В.М. Севергин. Минералог, геолог, химик, технолог Василий Михайлович Севергин (1765–1826) много занимался пробирным искусством, анализом руд, металлов, технологических объектов горнодобывающей промышленности. Он автор изданной в 1801 г. книги «Пробирное искусство, или Руководство к химическому испытанию металлических руд». Ему принадлежали также работы «Способ испытывать минеральные воды» (1800), «Способ испытывать чистоту и неподложность химических произведений лекарственных» (1800).

Историк аналитической химии А.Х. Баталин писал о книге «Пробирное искусство» (писал, правда, в 1951 г., когда боролись с «низкопоклонством» перед границей и неумеренно возвеличивали свое, российское):

«По своему содержанию эта книга является не только практическим руководством “к химическому испытанию металлических руд”, но и первым полным учебником по аналитической химии, в котором изложены теоретические положения этой науки на основе достижений химии того времени. Прекрасно зная химическую литературу, В. М. Севергин стремился в своей книге “ничего не упустить из тех открытий, кои в новейшие времена искуснейшими химиками учинены были”, но только после того, “как многие опыты повторены были в разных... преподаваниях”. Вся книга проникнута духом нового и, в отличие от руководств того времени и даже более поздних, в которых отражалась только практическая сторона аналитических определений, в ней сделана серьезная попытка теоретического обоснования приемов и методов химического анализа, в частности методов осаждения, растворения, прокаливания и т. д.



Василий Михайлович Севергин

Такой подход к химическому анализу был совершенно новым, ибо большинство ученых рассматривало аналитическую химию как «практическое руководство». Например, в «Пробирном искусстве» Т. Бергмана (вышло из печати в переводе А. Карлинского в 1801 г.) нет даже признаков какого-либо теоретического обоснования”.

А. Х. Баталин, изучивший труды В. М. Севергина, отмечал также, что тому принадлежит заслуга широкого применения паяльной трубки для химического анализа, усовершенствования метода перлов, улучшения методов осаждения. Севергин предложил ряд новых методов обнаружения меди, марганца, хрома и других элементов. Ввел термины «окисление», «газ», «кремнезем», «сернокислые соли». Высказал мысль о необходимости удобрять почвы минеральными солями (по-видимому, существенно раньше Ю. Либиха).

2.2. Исследования XIX столетия и начала XX века

Г.И. Гесс. Академик Герман Иванович Гесс (1802–1850), родившийся в Женеве, с трехлетнего возраста жил в России, окончил Дерптский (ныне Тартуский) университет (1825), стажировался у Берцелиуса в Стокгольме (1826). Участвовал в экспедиции по Уралу и работал главным врачом в Иркутске. В 1830 г. приехал в Петербург. Заведовал кафедрой химии в Петербургском технологическом институте, кафедрой химии в Петербургском горном институте (1832–1849), работал также в Петербургском Главном педагогическом институте (кафедра химии и технологии). В 1840-х гг. преподавал химию цесаревичу Александру Николаевичу (будущему императору Александру II).

Г.И. Гесс – основатель термохимии, он открыл сахарную кислоту, однако много работ выполнил как аналитик. Его докторская диссертация называлась «Изучение химического состава и целебного действия минеральных вод России» (1825). За работы по химическому анализу Туркинских горячих минеральных вод, каменной соли и т. д. в бытность главным врачом в Иркутске получил звание адъюнкта (1828), позднее экстраординарного академика (1830) и ординарного академика (1834). Провел анализ невской воды. Разработал (1838) метод элементного анализа органических веществ в токе кислорода.

На хорошем уровне Г.И. Гесс поставил преподавание аналитической химии в Горном институте, с приходом туда Гесса лаборатория Горного института становится важнейшим научным и педагогическим центром аналитической химии в России. Г.И. Гессу принадлежит заслуга в разработке учебных планов и программ, а также методики преподавания химии в русской высшей школе (не только в Горном институте, но, в частности, в Санкт-Петербургском технологическом институте, Михайловском артиллерийском училище, Институте инженеров путей сообщения). Г.И. Гесс разработал новый для того времени метод преподавания химии, основанный на стремлении развить у студентов любовь к самостоятельной работе. Свой метод

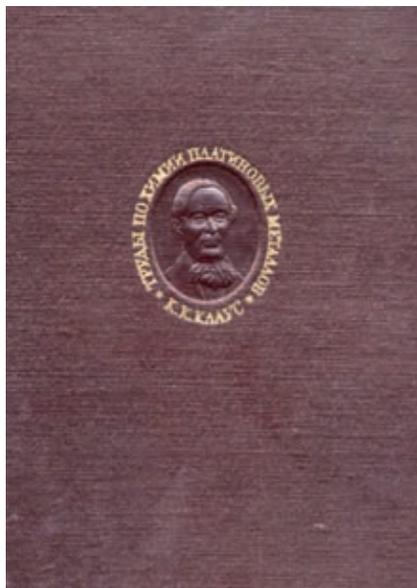
он изложил в книге «Основания чистой химии», которая выдержала семь изданий.

Характеризуя свой метод преподавания, Г.И. Гесс писал:

«Я заставляю учащихся пройти назначенный им предмет по книге. В следующее собрание обращаюсь к ним с вопросами о пройденных ими статьях и объясняю им приличными опытами. Таким образом, учащиеся бывают в необходимости давать отчет обо всяком предмете и приобретают через то основательные познания».

В Горном институте он ввел систематические практические занятия по аналитической химии. «Вообще, – писал в своих воспоминаниях горный инженер А.М. Лоранский, – благодаря ему на аналитическую химию стали обращать больше внимания и скоро она сделалась одним из главных предметов занятий в Горном институте».

К.К. Клаус. Член-корреспондент Петербургской академии наук Карл Карлович Клаус (1796–1864), открывший в 1844 г. рутений, детально изучил химию (том числе аналитическую) этого элемента, предложил методы обнаружения и количественного его определения. За работу по изучению платиновых металлов и открытие рутения ему была присуждена Демидовская премия. Опубликовал работы «Материалы к химии платиновых металлов», «О простых методах открытия платиновых металлов», «Платиновые металлы как реагенты» и другие.



Книга К.К. Клауса «Избранные труды по химии платиновых металлов»

Соединения платиновых металлов Клаус применял в качестве реактивов, например платинохлористоводородную кислоту – для обнаружения катионов калия и аммония, соединения иридия и осмия – для обнаружения алкалоидов, соединения палладия – для открытия и отделения йода.

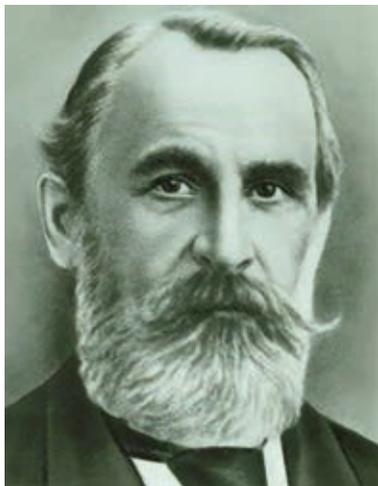
Ю.Ф. Фрицше. Академик Юлий Федорович Фрицше (1808–1871), немецкий химик, с 1834 г. работал в России, в том числе в Химической лаборатории Академии наук; более того, вместе с Н.Н. Зининым занимался обустройством и оснащением лаборатории в новом ее помещении. Работы выполнял главным образом по органической химии, но оставил след в аналитической химии, предложив в 1863 г. реактив на ароматические углеводороды – β -динитроантрахинон. Анализировал кавказские минеральные воды.

Г.В. Струве. Член-корреспондент Петербургской академии наук Генрих Васильевич Струве (1822–1908) работал пробирером в Горном департаменте в Петербурге. Он открыл широко известную реакцию обнаружения и определения фосфора с молибдатом аммония (1848 г., работа совместно с Г. Свандбергом, детальнее – в 1851 г.).

В отчете за 1850 г. лаборатории Департамента горных и соляных дел указывалось: «Пробирер Струве показал, что с помощью молибденовокислого аммония можно обнаружить в растворах присутствие самого малого количества фосфорной кислоты – до 0,005 г.».

Струве обнаружил, что сходную реакцию дает после окисления мышьяк; он разработал метод обнаружения этого элемента. Он предложил также метод определения очень малых количеств пероксида водорода с помощью диоксида свинца (1869). Издал таблицы для вычисления результатов количественного анализа; в течение длительного времени таблицы использовались лабораторными работниками [3].

Ф.Ф. Бейльштейн. Академик Федор Федорович Бейльштейн (1838–1906) в Петербургском технологическом институте читал курс аналитической химии. Написал совместно с Л.Ю. Явейном «Руководство к качественному химическому анализу» (1867), одновременно книга вышла на немецком языке в Лейпциге, в 1868 г. – переведена на голландский, в 1873-м – на английский, в 1866 г. – на французский. В России «Руководство» выдержало 9 изданий, последнее было в 1909 г.; в течение полувека оно служило основным учебным пособием по аналитической химии. Первым в России организовал лабораторию для газового анализа по образцу лаборатории Бунзена. Аналитическое направление отличало исследование пурпурной кислоты, выполненное под руководством Вёлера и послужившее основой докторской диссертации. В 1872 г. предложена реакция на галоиды в органических соединениях – зеленое окрашивание пламени при нагревании с чистым оксидом меди («проба Бейльштейна»).



Академик Федор Федорович Бейльштейн

Из книги Л.А. Шмулевич и Ю.С. Мусабекова «Федор Федорович Бейльштейн (1838–1906)» [4]:

«Около двадцати экспериментальных работ Бейльштейна посвящено различным вопросам аналитической химии. Среди первых его исследований, нашедших практическое применение, – интересное наблюдение над спектром фосфора, сделанное Бейльштейном вместе с Кристофлем в 1863 г. Спектральный метод позволял обнаруживать следы фосфора.

Бейльштейну принадлежит открытие исключительно простого и быстрого способа определения галогенов в органических соединениях. В основе метода, называемого во всем мире “пробой Бейльштейна”, лежит способность оксида меди оказывать на органические галогенпроизводные разрушительное действие, сопровождающееся выделением галогенов в виде галогенводородов или галогенидов меди. Эти летучие продукты окрашивают пламя газовой горелки в яркий зеленый цвет, что позволяет легко “открывать” присутствие галогенов.

Бейльштейн одним из первых начал разрабатывать электролитические методы анализа и разделения металлов. В 1880 г. он вместе с Л.Ю. Явейном предложил способ определения цинка, основанный на осаждении цинка на платиновых электродах при пропускании тока (от батареи бунзеновских элементов) через раствор цинковой соли, предварительно обработанный раствором цианида калия. Аналогичный метод был разработан Бейльштейном и Явейном для выделения и определения кадмия. С помощью цианида калия им удалось найти способ определения марганца в присутствии железа. Бейльштейн значительно усовершенствовал метод отделения цинка от никеля, предложенный Вёлером.

В 1884 г. Бейльштейн и Явейн опубликовали статью о новом приборе для определения цинка в техническом цинке и цинковой пыли. Прибор отличался простотой, удобством в обращении и нашел широкое применение. Принцип метода заключался в измерении объема водорода, выделяющегося при растворении цинка в кислоте.

Бейльштейну принадлежит один из способов извлечения йода окислами азота, а также ряд более мелких аналитических работ по усовершенствованию отдельных приемов анализа (например, фильтрование с использованием воронки Бунзена, отделение щелочноземельных металлов при анализе), аналитической посуды и т. д.»

Д.И. Менделеев. Менделеев не был, конечно, профессиональным аналитиком, однако Дмитрий Иванович был связан с этой наукой, о чем речь чуть ниже. Но сначала следует подчеркнуть значение периодического закона для аналитической химии элементов; значение это очевидно, оно очень велико.

Первым прослушанным Менделеевым курсом в Главном педагогическом институте, куда он поступил в 1850 г., был курс аналитической химии, который читал будущий учитель Менделеева профессор А.А. Воскресенский. Курс читался студентам старших курсов, но Менделеев был принят в институт в год, когда приема не было (принимали туда раз в два года). Молодой студент не имел обязательных занятий, поэтому мог слушать лекции по своему выбору. Первая научная работа студента, уже на старших курсах, была посвящена анализу и изучению некоторых силикатных минералов, в частности ортита. После окончания института и после стажировки в Германии Менделеев преподавал аналитическую химию в нескольких петербургских вузах.

В 60-х годах Менделеев редактировал переводы книг по аналитической химии, в частности книгу Ш. Жерара и Г. Шанселя [5, 6]. Впоследствии, уже будучи известным, даже знаменитым, химиком, Д.И. Менделеев стал кивался с проблемами химического анализа, выступая в роли судебного эксперта, проводя экспертизу качества продукции и среды обитания.

Менделеев весьма высоко оценивал значение аналитической химии. Чтобы стать химиком, следует, по его мнению, усвоить «не только практику, т. е. мастерство предмета, но еще и три важных отрасли химии: аналитическую, органическую и теоретическую». Он считал, что все эти химические дисциплины одинаково важны и покоятся на общем фундаменте.

Литература к главе 2

1. *Баталин А.Х. Работы В.М. Севергина по аналитической химии* (к 125-летию со дня смерти В.М. Севергина и 150-летию выхода из печати книги «Пробирное искусство»). Заводск. лаборатория. 1951. Т. 17. № 10. С. 1155.
2. *Лоранский А.М.* Исторический очерк Горного института. СПб: тип. Императорск. акад. наук. 1873. 166 с.
3. *Струве Г.В.* Химические таблицы, служащие для вычисления количественных разложений. СПб: тип. Императорск. акад. наук. 1853. 73 с.
4. *Шмулевич Л.А., Мусабеков Ю.С.* Федор Федорович Бейльштейн (1838–1906). М.: Наука. 1971. 132 с.
5. *Жерар Ш., Шансель Г.* Аналитическая химия. Под. ред. Д. Менделеева. Часть 1. СПб: Обществ. Польза, 1864.
6. Аналитическая химия, изданная под редакцией Д. Менделеева. Количественный анализ. Вып. 1–3. СПб: Обществ. Польза, 1866–1869.
7. *Золотов Ю.А.* Д.И. Менделеев и аналитическая химия. Журн. аналит. химии. 2010. Т. 65. № 5. С. 451.

Глава 3

ОТДЕЛЕНИЕ ХИМИИ И НАУК О МАТЕРИАЛАХ

Поскольку аналитическая химия все-таки одна из «химий», исследования в этой области в значительной степени проводятся в институтах именно химического профиля. Химические научные учреждения «неорганического» профиля практически всегда обращались к химическому анализу, создавали аналитические лаборатории, поддерживали исследования в этих лабораториях. Институты «органического» профиля в старые времена ограничивались лабораториями элементного микроанализа. Однако теперь, уже много десятилетий, широко используют хроматографические, спектроскопические, масс-спектрометрические и другие современные методы анализа. И более того – некоторые институты успешно развивают эти методы.

3.1. Институт общей и неорганической химии имени Н.С. Курнакова

Институт общей и неорганической химии им. Н.С. Курнакова (ИОНХ) был создан в 1934 г. в Ленинграде путем объединения нескольких существовавших там научных учреждений Академии наук СССР. Это были Институт физико-химического анализа, Институт по изучению платины и других благородных металлов (оба образованы в 1918 г.), Лаборатория общей химии, существовавшая, в сущности, со времен М.В. Ломоносова, и отдел Лаборатории высоких давлений, созданной академиком В.Н. Ипатьевым. В том же 1934 г. институт был перебазирован в Москву на то место, где он находится и сейчас. Директором ИОНХа был назначен академик Н.С. Курнаков. Впоследствии институт возглавляли академики И.И. Черняев, Н.М. Жаворонков, Ю.А. Золотов, Н.Т. Кузнецов, В.М. Новоторцев. В настоящее время директором института является член-корреспондент РАН Владимир Константинович Иванов.

ИОНХ – один из ведущих академических институтов химического профиля. В 1930–1940 гг. ИОНХ под руководством академиков Н.С. Курнакова, затем И.И. Черняева был в академии едва ли не лидирующим и в области аналитической химии, во всяком случае в ряде прикладных областей, особенно по платиновым металлам, и в части стимулирования развития аналитической химии в стране (организация Всесоюзной конференции по аналитической химии в 1939 г. и др.).



Старое здание ИОНХа (1934 г.)

Институт осуществляет многоплановые исследования по аналитической химии в двух специализированных лабораториях, в отдельных группах других лабораторий, в Центре коллективного пользования физическими методами исследований веществ и материалов. С 1995–1996 гг. ИОНХ служит базой Научного совета РАН по аналитической химии.



Здание института

Нужно назвать структурные подразделения института, прямо или опосредованно развивающие аналитическую химию.

Лаборатория аналитической химии и методов разделения. Заведующий – доктор химических наук Александр Вадимович Иванов. В этой лаборатории – академик Ю.А. Золотов, доктор химических наук Л.К. Шпигун (до самого последнего времени), другие специалисты-аналитики.

Лаборатория химического анализа. Заведующий – доктор физико-математических наук Михаил Николаевич Филиппов. В этой лаборатории работал академик Ю.А. Карпов (1937–2021).

Центр коллективного пользования (ЦКП). Руководитель – доктор химических наук Василиса Борисовна Барановская.

Упомянувшиеся отдельные группы будут названы ниже.

Руководство Научного совета РАН по аналитической химии (НСАХ): председатель академик РАН Ю.А. Золотов; ученый секретарь кандидат химических наук И.Н. Киселева.

До образования ИОНХа проблемы химического анализа ставились главным образом в Институте по изучению платины, образованном Л.А. Чугаевым. Уже в первые годы существования ИОНХа были проведены обширные исследования, направленные на создание методов выделения и определения платиновых металлов. При институте функционировала созданная еще в 1922 г. Аналитическая комиссия, которую возглавлял Борис Григорьевич Карпов; в 1936 г. он опубликовал в «Успехах химии» отчет о работе комиссии [1]. Созданную в ИОНХ лабораторию аналитической химии возглавляли сначала Б.Г. Карпов, затем Н.К. Пшеницын. Из этой лаборатории позднее вышли две книги по аналитической химии платиновых металлов. Руководителем другой аналитической лаборатории был И.В. Тананаев, впоследствии избранный академиком.

Основатель института академик Николай Семенович Курнаков (1860–1941) не был химиком-аналитиком, но широта его интересов, его знания и опыт позволяли ему направлять работы и в этой области, а также в какой-то мере осуществлять химико-аналитические работы самостоятельно [2]. В журналах конца XIX – начала XX вв. можно найти статьи, протокольные записи о выступлениях Курнакова на темы химического анализа; Николаем Семеновичем были изданы и «аналитические» книги». Н.С. Курнакову принадлежит небольшое руководство «Газовый анализ по К. Винклеру», написанное в начале его научной деятельности. А через некоторое время на заседании Химического отделения Русского физико-химического общества (РФХО) Н.С. Курнаков сообщил о результатах выполненного в лаборатории Горного института анализа воздуха и «гремучего газа» из угольных шахт Донецкого бассейна. Изучению состава рудничного газа посвящены и другие публикации и выступления Н.С. Курнакова. В 1902 г. на заседании Химического отделения РФХО Н.С. Курнаков от своего имени и от имени Н.И. Подкопаева сообщил о результатах химического анализа кобальто-марганцевых руд из Новой Каледонии и из-под Нижнего Тагила; подробная публикация об этом анализе появилась в следующем году.

Особо нужно отметить разработку – под общим руководством Н.С. Курнакова – методов анализа объектов, содержащих платиновые металлы. Еще в конце 80-х – начале 90-х годов XIX столетия Н.С. Курнаков выпустил две книги [3,4], посвященные пробирному искусству, под которым тогда понимали прежде всего совокупность приемов анализа и испытания руд и других объектов, содержащих благородные металлы. С аналитической химией платиновых металлов Николаю Семеновичу предстояло иметь дело и позднее, когда он после смерти Л.А. Чугаева возглавил Институт по изучению

платины и других благородных металлов. В институте были созданы две комиссии по вопросам химии, технологии и анализа металлов платиновой группы – Аффинажная и упоминавшаяся Аналитическая. Первую возглавил сам Н.С. Курнаков, руководить второй был приглашен, как уже говорилось, Борис Григорьевич Карпов, работавший до этого в одном из геологических учреждений. В состав Аналитической комиссии входил и Н.С. Курнаков. Эти комиссии продолжали работу и после создания (1934 г.) Института общей и неорганической химии, объединившего четыре упоминавшиеся химические центра, и переезда института в Москву. Аналитическая комиссия многое сделала в направлении разработки методов анализа сырья, промежуточных и конечных продуктов промышленности, имевшей дело с платиновыми металлами (предприятия в Свердловске, Норильске, Красноярске и др.).

В соавторстве с Д. Коноваловым, В. Ипатьевым, П. Лазаревым и А. Иоффе Н.С. Курнаков опубликовал записку о трудах одного из создателей масс-спектрометрии – английского ученого, лауреата Нобелевской премии Ф. Астона [5]. Целью этой записки было предложение избрать Астона членом-корреспондентом Российской академии наук (именно так – РАН, это было в 1924 г., когда академия называлась Российской). Вот что, в частности, писали академики: «После окончания войны, в 1919 году, в лаборатории Кавендиша был выработан метод анализа при посредстве положительных лучей в так называемом масс-спектрографе».



Академик Николай Семенович Курнаков

В декабре 1939 г. в Москве состоялась Всесоюзная конференция по аналитической химии; это была первая конференция в СССР, посвященная развитию аналитической химии как науки и химическому анализу в промышленности. Основным организатором конференции была Академия наук, но к подготовке конференции в той или иной степени были привлечены ведущие промышленные наркоматы. Председателем оргкомитета был академик Н.С. Курнаков, до 1938 г. руководивший Химической ассоциацией Акаде-

мии. Курнаков был одним из редакторов сборника тезисов конференции [6] и редактором первого тома ее трудов [7].

Конференция оставила большой след; ее ценность состояла не столько в конкретных докладах и разного рода научно-технических сообщениях, сколько в ее резолюции. Решение конференции, подготовленное, надо полагать, при участии Н.С. Курнакова, не только намечало пути развития и применения новейших на то время методов и средств химического анализа, но также ставило вопрос об организации в Академии наук специальной Комиссии по аналитической химии и о подготовке к созданию в академии Института аналитической химии. Комиссия была создана уже в 1940 г., и ее возглавил Н.С. Курнаков. Институт создать до войны не успели, а после войны (1947 г.) он был образован в паллиативном варианте – как Институт геохимии и аналитической химии им. В.И. Вернадского (ГЕОХИ).

Какое учреждение было базой созданной Комиссии по аналитической химии, установить не удалось, но скорее всего это был ИОНХ. Тем более что в институте была своя, уже дважды упоминавшаяся внутренняя Аналитическая комиссия. После кончины Н.С. Курнакова в 1941 г. Комиссию возглавил будущий академик А.П. Виноградов, который до этого был заместителем Курнакова и в оргкомитете конференции, и в Комиссии по аналитической химии. В последующие годы Комиссия базировалась в ГЕОХИ, была впоследствии (1970 г.) переименована в Научный совет и с 1996 г. под этим новым названием имеет своей базой ИОНХ. После А.П. Виноградова Комиссию (Научный совет) возглавлял член-корреспондент АН СССР, затем академик И.П. Алимарин, а с 1989 г. руководителем совета является один из авторов этой книги.

Первым профессиональным аналитиком в ИОНХе был уже не раз упоминавшийся доктор химических наук Борис Григорьевич Карпов (1870–1940). Он окончил естественное отделение физико-математического факультета Петербургского университета (1896). С 1897 г. он химик-аналитик Геологического комитета, создал там новую лабораторию (1902), которой заведовал с 1912 г., стажировался во Франции, в лаборатории Ле Шателье, с 1923 г. заведовал в Петрограде аналитической лабораторией Института платины и других благородных металлов АН СССР, в 1935 г. переехал в Москву. С 1919 г. работал в области создания методов концентрирования и определения платиновых металлов, автор 25 научных работ по созданию методов определения этих металлов в полупродуктах аффинажа, самородной платине, дунитах и траппах севера Сибири. Вместе с О.Е. Звягинцевым выполнил первые систематические анализы медно-никелевых руд Таймыра на платиновые металлы (основа будущего Норильского комбината). Был заведующим аналитической лаборатории и руководителем Аналитической комиссии ИОНХа, которая, в частности, разработала инструкцию по приемке шлиховой платины в приемных кассах на приисках, а также методы определения благородных и неблагородных металлов в самородной платине и в аффинированных благородных металлах.



Доктор химических наук Борис Григорьевич Карпов

Б.Г. Карпов был в числе тех, кто в 1930-х годах добивался создания в Академии наук СССР отдельного Института аналитической химии [8].

Аналитической химией платиновых металлов активно занимался член-корреспондент АН СССР доктор химических наук Николай Константинович Пшеницын (1881–1961), лауреат Государственной премии СССР. Он окончил (1915) Петроградский университет, преподавал там до 1935 г. (оставлен в университете по предложению Л.А. Чугаева). В 1920–1921 гг. одновременно преподавал в Петроградском технологическом институте. С 1918 до 1934 г. работал в Институте платины и других благородных металлов (Петроград-Ленинград), с 1935 г. в ИОНХе, с 1947 г. заведовал лабораторией аналитической химии и аффинажа платиновых металлов. В 1935–1936 гг. преподавал в Московском институте цветных металлов и золота.

Н.К. Пшеницын имел работы по химии комплексных соединений платиновых металлов, по технологии их получения (разработал метод получения чистого иридия) и аналитической химии этих элементов. Разработал методы анализа платиносодержащих шламов и полупродуктов аффинажа благородных металлов. Получил Государственную премию СССР за участие в разработке технологии получения концентратов платиновых металлов из сульфидных медно-никелевых руд Норильских месторождений. Большой блок в этих работах составляли схемы аналитического контроля качества.



Член-корреспондент АН СССР Николай Константинович Пшеницын

Лабораторию аналитической химии и аффинажа платиновых металлов после Н.К. Пшеницына возглавляли к.х.н. Сусанна Ильинична Гинзбург и затем д.х.н. Лев Константинович Шубочкин. Работы по платиновым металлам в значительной степени сформулировали имидж института, вклад в эту область был весьма значительным.



Одна из книг по аналитической химии платиновых металлов, подготовленных в ИОНХе

Существенный вклад в аналитическую химию платиновых металлов внес также доктор химических наук Орест Евгеньевич Звягинцев (1895–1967), хотя он занимался и другими делами. Орест Евгеньевич был Заслужен-

ным деятелем науки и техники РСФСР, Лауреатом Государственной премии СССР. Звягинцев окончил Московский институт народного хозяйства им. Г.В. Плеханова (1920), заведовал аналитической лабораторией Московского аффинажного завода, с 1926 г. – сотрудник Института платины и других благородных металлов АН СССР, с 1934 г. заместитель директора ИОНХа. С 1947 по 1952 г., оставаясь сотрудником ИОНХа, работал заместителем директора НИИ-9 МВД СССР (нынешний Высокотехнологичный НИИ неорганических материалов им. А.А. Бочвара), был организатором и первым заведующим кафедрой химии редких и радиоактивных элементов МХТИ им. Д.И. Менделеева. Много лет читал лекции в Институте цветных металлов и золота им. М.И. Калинина. В последние годы жизни заведовал лабораторией и отделом строения простых и комплексных соединений ИОНХа.

В 1920–1930-е годы с участием О.Е. Звягинцева или под его руководством создан ряд методов определения благородных металлов в россыпях платины и золота, а также в аффинажных циклах Свердловского завода цветных металлов. Орест Евгеньевич участвовал в разработке пробирных, гравиметрических и инструментальных методов определения золота, серебра и платиновых металлов в норильских медно-никелевых рудах, о чем уже говорилось, в создании методов контроля на Красноярском заводе цветных металлов. Звягинцев обнаружил (1944) в норильских рудах рутений, содержание которого позволяло проводить промышленное извлечение этого элемента. Под его редакцией изданы «Руководство по химическому анализу платиновых металлов и золота» (1965), библиографический указатель литературы по рению и рутению (1962). В монографии «Химия рутения» (1965) рассмотрены и проблемы определения этого элемента. О.Е. Звягинцев рассмотрел вклад К.К. Клауса в аналитическую химию платиновых металлов.

Значительный след в работах института по аналитической химии платиновых металлов оставили также к.х.н. Н.А. Езерская (электрохимические методы), Н.В. Федоренко (написала книгу об истории исследований платиновых металлов в России) и многие другие.



Сотрудники лаборатории аналитической химии платиновых металлов ИОНХ РАН (1998 г.)

Аналитическая химия в институте связана и с деятельностью будущего академика Ивана Владимировича Тананаева (1904–1993), Героя Социалистического труда, лауреата трех Государственных премий СССР, который с 1941 г. заведовал аналитической лабораторией ИОНХа.

В 1921 г. по командировке сельсовета Иван Владимирович был направлен на химический факультет Киевского политехнического института и в 1925 г. с оценкой «выдающаяся» защитил дипломную работу «Гипосульфит как единое исходное вещество для всех методов объемного анализа». В том же году поступил в аспирантуру кафедры химической технологии. Одновременно с выполнением диссертационной работы преподавал на кафедре аналитической химии, вел разработку новых методов определения фтора. После окончания аспирантуры (1928 г.) продолжил работу на кафедре аналитической химии Киевского политехнического института, одновременно заведовал кафедрой в Киевском химико-фармацевтическом институте. В 1934 г. переезжает в Тбилиси, где по предложению Л.В. Писаржевского возглавляет лабораторию аналитической химии Института химии Закавказского филиала АН СССР и одновременно кафедру аналитической химии в Тбилиском индустриальном институте. В 1940 г. под руководством академика Н.С. Курнакова защищает докторскую диссертацию «Физико-химический анализ фтористых соединений и применение их в аналитической химии». В тот же период по предложению Б.В. Некрасова организует кафедру аналитической химии в Московском институте цветных металлов и золота.

С 1941 г., как уже сказано, И.В. Тананаев заведует лабораторией аналитической химии ИОНХ. Профиль и название лаборатории менялись со временем, но в основу ее деятельности была положена методология физико-химического анализа, включающая метод остаточных концентраций. Последний позволял не только изучать состав малорастворимых соединений труднодоступных тогда редких элементов, но и одновременно получать знания, имеющие значение для аналитической химии. В этом отношении работы И.В. Тананаева перекликаются с работами его киевского коллеги академика АН УССР А.К. Бабко, углубившего оптический метод физико-химического анализа растворов, имеющих значение в аналитической практике.

Другая группа исследований И.В. Тананаева по аналитической химии – это разработка новых методов анализа веществ по заданию промышленности. На основании всестороннего изучения химии фторидов Иван Владимирович разработал «фторометрию» – набор методов отделения и определения различных элементов с применением фторидов в качестве реагентов. Создал комплекс методик анализа, основанных на применении ферроцианидов: потенциометрические методы определения калия, рубидия, марганца, ферроцианидные методы определения других элементов.



Академик Иван Владимирович Тананаев (1904–1993)

Лаборатория аналитической химии ИОНХ под руководством И.В. Тананаева внесла существенный вклад в аналитическую химию ядерных материалов. Эти работы, с технологической апробацией предложенных методов, были дважды удостоены Государственных премий СССР.

В 1946 г. И.В. Тананаев был избран членом-корреспондентом АН СССР по специальности «аналитическая химия», а в 1958 г. – академиком по неорганической химии. Он был членом редколлегии «Журнала аналитической химии», Комиссии по аналитической химии АН СССР. Награжден двумя орденами Ленина, орденами Октябрьской революции, Красной Звезды, двумя орденами Трудового Красного Знамени. Имел ряд наград АН СССР и Всесоюзного химического общества им. Д.И. Менделеева (ВХО).

Теперь о других важных исследованиях. Под руководством будущего академика В.И. Нефёдова был разработан метод оценки распределения элементов по глубине образца на основе угловой зависимости интенсивности рентгеноэлектронных линий. Метод позволял, кроме того, определять степени окисления элементов (5–7 элементов); анализируемая глубина около 60–90 А. Метод был применен, например, для исследования гетерогенных пленок на поверхности твердых тел. Была показана возможность атомарного разрешения для систем субстрат/адсорбат. Исследован поверхностный состав растворов, и показано неравномерное распределение ионов вследствие гидрофобного эффекта. Метод прошел апробацию и применялся в совместных работах с учеными Италии, Германии и Швеции.

Существенный результат был получен при исследовании лунного грунта, доставленного автоматической станцией «Луна-16». Было установлено, что в составе лунного реголита, наряду с линией окисных форм железа (от различных железосодержащих минералов), имеется максимум, относящийся к металлическому железу и составляющий по интенсивности 10–15%

от интенсивности окисленного Fe. Металлическое железо в лунном реголите находится в высокодисперсном состоянии и необычно устойчиво по отношению к окислению (А.П. Виноградов, В.И. Нефедов, В.С. Урусов, Н.М. Жаворонков. Рентгеноэлектронное исследование лунного реголита из Моря Изобилия и Моря Спокойствия. В сб. «Лунный грунт из Моря Изобилия». М.: Наука. 1974. С. 319–322.)

Следующий этап работ по аналитической химии в институте связан с приходом в институт академика Ю.А. Золотова. Была создана лаборатория химического анализа, которую возглавил д.ф.-м. н. Григорий Иосифович Рамендик (1940–2001).



Доктор физико-математических наук Григорий Иосифович Рамендик

Г.И. Рамендик имел работы в области физических методов анализа, преимущественно элементной масс-спектрометрии и ее приложений к анализу материалов и геологических объектов. Он развивал общий подход к физическим методам анализа и основы теории элементного масс-спектрометрического анализа с плазменными источниками ионов. Предложил квазиравновесную модель образования ионов, разработал серию масс-спектрометрических методов анализа. Григорий Иосифович был членом бюро Научного совета РАН по аналитической химии, входил в состав редколлегий «Журнала аналитической химии», журнала «Заводская лаборатория. Диагностика материалов», *Journal of Trace and Microprobe Techniques*, работал в Международном союзе теоретической и прикладной химии.

Проводимые в настоящее время в институте работы в области аналитической химии соответствуют основным тенденциям развития фундаментальной.

Заведующий нынешней лабораторией аналитической химии и методов разделения доктор химических наук Александр Вадимович Иванов развивает в ИОНХ (он параллельно работает в МГУ) методологию использования фотонных кристаллов (ФК) для целей химического анализа. Предложены фотонно-кристаллические сенсорные матрицы на основе субмикронных

упорядоченных частиц полистирола и чувствительного слоя (полидиметил-силоксаны). Найдены условия измерения интегральных оптических характеристик ФК-сенсоров с помощью портативных спектрометров диффузного отражения. Показано, что сенсорные матрицы на основе ФК могут служить датчиком для обнаружения жидких ароматических и алифатических углеводородов, а также их ненасыщенных паров в воздухе, в том числе в режиме непрерывного детектирования.



Доктор химических наук Александр Вадимович Иванов

ИОНХ был в числе первых в СССР учреждений, где были развернуты работы по проточно-инжекционному анализу (ПИА). Соответствующей группой руководила доктор химических наук Лилия Константиновна Шпигун. Вместе с сотрудниками она разрабатывала проточно-инжекционные методы анализа объектов окружающей среды, медицины и промышленности, создавала электрохимические сенсоры и химически модифицированные электроды, занималась анализом морской воды. Основное внимание уделялось созданию методов ПИА для определения микроэлементов на основе использования каталитических редокс-реакций и сочетания способов разделения и концентрирования (экстракция, газовая диффузия и сорбция) со спектрофотометрическим или электрохимическим детектированием аналитического сигнала. Среди основных достижений в этой области разработка проточно-инжекционных систем для определения ряда тяжелых металлов (Fe, Mn, Pb, Co, Ni и Zn) в морских и питьевых водах. Эти системы нашли применение при серийном анализе морской воды непосредственно на борту судна в ходе экспедиционных рейсов научно-исследовательских судов «Академик Борис Петров», «Мстислав Келдыш» и «Kaimikai-o-Kanaloa». Ряд новых способов определения тяжелых металлов и других нормируемых минеральных веществ в сточных водах внедрен на предприятиях нефтехимического производства. Совместно с НПО «Химавтоматика» был создан первый отечественный проточно-инжекционный анализатор «Экол-1».

Проводились работы по созданию проточно-инжекционных электрохимических детекторов на основе мембранных ионселективных электродов. С целью разработки сенсоров на ионы металлов были изучены свойства мембран, содержащих в качестве ионочувствительного материала большое число макроциклических органических соединений и ряд заряженных ионообменных веществ. Новым здесь было создание твердофазных ионных сенсоров на основе композиционных полимерных мембран. Большое внимание уделялось изучению природы процессов и механизму формирования динамического отклика проточно-инжекционных сенсоров и нахождению зависимости чувствительности и селективности детектируемого сигнала от состава композиционного материала и гидродинамических параметров системы. Были показаны возможности создания проточно-инжекционных устройств для определения ионов Ag, Au(III), Pd(II) и Cu(I) на основе использования композиционного ПВХ-угольнопастового электрода, модифицированного различными макроциклическими соединениями. Сенсоры такого типа не только отличались улучшенными аналитическими характеристиками по сравнению с традиционными электродами, но и позволяли детектировать сигнал двумя методами: потенциометрическим (при нулевом токе во внешней цепи) и амперометрическим (при наложении заданного потенциала).



Доктор химических наук Лилия Константиновна Шпигун

За работы по анализу морских и других вод Л.К. Шпигун удостоена премии имени В.А. Коптюга РАН.

Заметное место в исследованиях аналитиков ИОНХа занимали до последнего времени разработки тест-методов и тест-средств химического анализа (доктор химических наук В.М. Островская). Вера Михайловна получила множество патентов на новые реагенты и устройства. Ею получено около 300 новых органических соединений, в том числе аналитических реагентов из классов гидразинов, азосоединений, формазанов и их макрогетероциклических аналогов для аналитических готовых форм. Предложены подходы к повышению чувствительности и селективности хромогенных реагентов, ковалентно закрепленных на твердофазных носителях. Созданы

новые типы экспресс-тестов. Разработаны реагентные индикаторные бумаги и реагентные индикаторные кремнеземы с ковалентно привитым слоем хромогенных аналитических реагентов, давшие возможность создать новые тест-методы для определения ионов металлов, органических и неорганических соединений в окружающей среде, пищевых, медицинских и технологических объектах.

Методами разделения, прежде всего различными вариантами жидкость-жидкостной хроматографии, успешно занимаются доктор технических наук Артак Ераносович Костянян и руководимая им группа. В последние годы их работы многократно публиковались в *Journal of Chromatography*. Развиваемый метод сочетает в себе хроматографические принципы с принципами многократной экстракции. Достигнуто разделение редкоземельных элементов, компонентов лекарственных препаратов и др.

Функционирующая в лаборатории аналитической химии платиновых металлов группа, которой руководил Н.К. Бельский, развивала атомно-абсорбционную спектрометрию с электротермической атомизацией (ЭТА). Для повышения чувствительности и увеличения ресурса работы ряд узлов аппаратуры был модифицирован: повышена мощность блока питания ЭТА, установлена магнитная очистка охлаждающей воды, изготовлены новые кюветы-атомизаторы из специального графита, графитовые лодочки для работы внутри печи атомизатора, лампы со специальными полыми катодами для определения селена, иридия и др. (7 патентов). При решении задач отклонения от стехиометрии химических соединений разработаны прецизионные методики определения главных компонентов и изучена нестехиометрия состава ряда магнитных полупроводниковых керамик в системах, обладающих высокотемпературной сверхпроводимостью. Например, достигнутая точность позволила проследить вариации нестехиометрии сверхпроводимой высокотемпературной (ВТСП) керамики Y-Ba-Cu-O вдоль образца при протекании постоянного тока. Показана возможность изучения методом ААС нестехиометрии по упругости пара отдельных элементов над поверхностью твердых образцов магнитного полупроводника.

Предложенная конструкция ЭТА с танталовым экраном увеличила чувствительность определения тугоплавких карбидообразующих элементов в несколько раз, что позволило определять этим методом иттрий и все редкоземельные элементы в микрокристаллах и пленках ВТСП Y-Ba-Cu-O, а также низкие уровни Zr, Hf и Nb в производственных растворах. Повышена чувствительность определения и других карбидообразующих элементов (алюминий и ванадий). Анализ микронавесок (до 1 мг) дал возможность изучать распределение платиновых металлов в свинцовых и серебряных корольках пробирной плавки и легирующих примесей в полупроводниках. Для определения Pt, Pd, Rh, Ir и Ru разработан гибридный метод ЭТА-анализа свинцовых, серебряных и медных сплавов после пробирной плавки без перевода определяемых элементов в раствор. Это позволяет избежать потерь, возможных при пробоподготовке.

Нынешняя лаборатория химического анализа в своих исследованиях делает упор на рентгеновские методы анализа – на рентгеноспектральный микроанализ (электронный зонд) и рентгенофлуоресцентный анализ. Заведую-

щий лабораторией д.ф.-м.н. Михаил Николаевич Филиппов – один из самых известных в стране специалистов по рентгеновским методам анализа. Он тесно связан с рядом научных и образовательных учреждений, использует имеющиеся там аппаратуру, активно занимается преподавательской работой.



Доктор физико-математических наук Михаил Николаевич Филиппов

Михаилом Николаевичем разработаны теоретические и экспериментальные основы электродондового микроанализа объектов, неустойчивых в вакуумных условиях и к воздействию электронного зонда. Предложен и реализован способ рентгеноспектрального микроанализа влажосодержащих объектов в атмосфере насыщенного пара, разработан способ криогенного катодолюминесцентного микроанализа полупроводниковых лазерных гетероструктур, исследовано тепловое воздействие электронного зонда на химический состав анализируемого микрообъема, установлен механизм формирования рентгеновского спектра диэлектриков без проводящего покрытия при возбуждении электронным пучком. Проведены работы по прикладному химическому анализу важнейших объектов и по метрологии химического анализа.

В течение нескольких лет сотрудником лаборатории химического анализа был академик РАН Юрий Александрович Карпов, один из самых крупных аналитиков страны. Ю.А. Карпов был президентом Ассоциации аналитических центров «Аналитика», заместителем председателя Научного совета РАН по аналитической химии, главным редактором журнала «Заводская лаборатория. Диагностика материалов». В научном активе Юрия Александровича – работы по аналитической химии цветных, редких, благородных металлов и их соединений. Он много занимался созданием теоретических основ, методов и средств определения газообразующих примесей в металлах и чистых веществах, разработкой комплекса государственных стандартов на методы анализа продукции производства редких и благородных металлов, созданием методов анализа вторичного сырья, содержащего редкие и благородные металлы. Использовались прежде всего спектрометрические методы. Ю.А. Карпов был также ведущим специалистом по метрологии химического анализа.



Академик РАН Юрий Александрович Карпов (1937–2021)

Руководитель ЦКП доктор химических наук Василиса Борисовна Барановская – специалист в области оптико-спектральных и масс-спектрометрических методов элементного анализа цветных, редких и благородных металлов, метрологии химического анализа.



В ЦКП ИОНХа. Пробоподготовка с использованием микроволновой печи

Научная группа аналитиков ЦКП под ее руководством занимается развитием, комбинированием и метрологическим обеспечением методов аналитической химии редких, благородных металлов, высокочистых веществ,

соединений и материалов на их основе, вопросами обеспечения качества химического анализа. Основные методы аналитической химии в арсенале ЦКП ИОНХа – это различные виды атомно-эмиссионного, атомно-абсорбционного, масс-спектрального, рентенофлуоресцентного анализа, а также способы пробоподготовки, разделения и концентрирования, гармонизированные с методами конечного определения. Василиса Барановская – президент Ассоциации аналитических центров «Аналитика», главный редактор журнала «Аналитика», титулярный член ИЮПАК и национальный представитель России в Европейском сообществе по метрологии в аналитической химии Еврахим.



Доктор химических наук Василиса Борисовна Барановская

ЦКП института при поддержке государственных программ значительно расширил парк диагностического и аналитического оборудования и востребован как со стороны научных групп института, так и со стороны других научных организаций РАН и ВУЗов, а также предприятий реального сектора экономики, фармацевтических и медицинских учреждений [9].

Под руководством доктора химических наук А.К. Лященко создана аппаратура для диэлектрических измерений в интервале сверхвысоких частот. Разрабатывались методы определения содержания и структурных форм воды в растворах на основе данных диэлектрической СВЧ-спектроскопии. Была создана установка (совместно с НПО «Исток») и предложены методики для экспрессного определения воды в органических жидкостях, нефтях и нефтепродуктах. Установка может быть использована также для определения воды в биопродуктах и медпрепаратах. Проводилась разработка методов идентификации солевых макрокомпонентов и органических веществ в модельных системах, природных (залив Кара Богаз Гол) и техногенных водах при сочетании данных дистанционного радиофизического зондирования и прямых контактных измерений диэлектрических характеристик водных фаз.

В лаборатории химии фторидов и лаборатории координационной химии щелочных и редких металлов в течение ряда лет проводились исследования различных соединений фосфора в качестве компонентов мембран ионселективных электродов (ИСЭ). Исследования (Е.Г. Ильин, А.В. Копытин и др.) проводились в трех направлениях: 1) исследование солей четвертичных фосфониевых оснований в качестве компонентов мембран электродов на основе ионных ассоциатов (как активных компонентов и пластификаторов); 2) исследование фосфорсодержащих подандов (структура, состав, влияние заместителей и др.) в качестве активных компонентов мембран ИСЭ на основе нейтральных переносчиков; 3) исследование фосфорсодержащих неорганических материалов с ионной и суперионной проводимостью (мембраны ИСЭ).

Были разработаны новые ИСЭ на основе ионных ассоциатов, причем в качестве пластификатора и электроактивного компонента использованы жидкие соли четвертичных фосфониевых оснований с радикалом от C_{10} до C_{12} . На этой основе получены электроды для определения хлоридных комплексов ртути, таллия и золота. Электроды обладали пониженным пределом обнаружения по сравнению с электродами, в мембранах которых использовались общепринятые пластификаторы. Предложен фосфорсодержащий поданд, обладающий транспортными свойствами по отношению к ионам свинца и лития. Изучены также мембраны ИСЭ, имеющие в своем составе различные фосфорсодержащие поданды, по отношению к ионам тяжелых металлов. Разработанный электрод для определения свинца выпускался предприятием «ИОНИКС».

Исследование фосфорсодержащих неорганических материалов, обладающих ионной и суперионной проводимостью, привело к разработке калий-селективного электрода с монокристаллической мембраной. Электрод по своим параметрам превосходил все ранее известные электроды на калий. Кроме того, был разработан электрод для определения натрия на основе соединения NASICON (Na-Superionic Conductor) – $Na Zr_2SiO_2PO_{12}$, которое использовано в виде керамической пластины. Электрод обладал параметрами, превосходящими параметры стеклянных электродов, и низким электрическим сопротивлением.

В течение последних десятилетий в институте, главным образом в лаборатории энергоемких соединений, возглавляемой академиком Николаем Тимофеевичем Кузнецовым, синтезируются и испытываются материалы, обладающие газосенсорными свойствами.



Академик Николай Тимофеевич Кузнецов

Первоначально (И.А. Розанов, Л.И. Дорожкин) получили развитие работы по созданию химических сенсоров, предназначенных главным образом для анализа объектов окружающей среды. Основные определяемые соединения – топливные углеводороды, SO_2 , NO_x , CO_2 , CO . Одно из направлений – создание пьезосорбционных химических сенсоров. Газочувствительным, рецепторным элементом является в этом случае тонкая, в идеале селективно и обратимо сорбирующая определяемый газ пленка, нанесенная на рабочую (колеблющуюся) поверхность пьезоэлектрического преобразователя объемных либо поверхностных акустических волн. Основные усилия разработчиков пьезохимических сенсоров (ПХС) были направлены на создание пленочных материалов, эффективно и селективно сорбирующих упомянутые загрязнители. Не меньше внимания уделялось созданию чувствительных и малогабаритных пьезо- и радиоэлектронных устройств, а также автоматизированных исследовательских установок, служащих прообразом будущих систем мониторинга с единым обрабатывающим информационным центром и системой периферийных чувствительных элементов. Использовали как поверхностные, так и объемные акустические волны. В последнем случае речь идет о создании ПХС, основанных на использовании высокочастотного преобразователя с пленочным пьезоактивным элементом – пленочных сорбционных микровесов (ПСМ). Хорошие результаты были достигнуты в создании сенсоров на топливные углеводороды с разработанными в ИОНХ новыми сорбционными пленочными материалами.

Со временем направления работ по химическим сенсорам, проводившихся членом-корреспондентом РАН Владимиром Георгиевичем Севастьяновым и его группой, расширялись и изменялись. Пример: недавно разработан высокочувствительный сенсор для определения диоксида азота во влажной атмосфере [10]. Часть работ этой группы публикуются в журналах аналитического профиля (*Talanta*).

Литература

1. *Карпов Б.Г.* Очерки деятельности аналитической комиссии Института общей и неорганической химии Академии наук СССР. Успехи химии. 1936. Т. 5. № 7-8. С. 1153–1162.
2. *Золотов Ю.А.* Н.С. Курнаков и аналитическая химия. Журн. неорган. химии. 2010. Т. 55. № 11. С. 1784–1785.
3. *Курнаков Н.С.* Пробирное искусство. СПб. 1891. 125 с.
4. *Курнаков Н.С.* Пробирное искусство. Часть общая. Лекции. СПб. 1891. 112 с.
5. *Коновалов Д., Курнаков Н., Ипатьев В., Лазарев П., Иоффе А.* Изв. Академии наук. Сер. 6. 1924. Т. 18. С. 480.
6. Тез. докл. на Всесоюз. конф. по аналитической химии. Под ред. Курнакова Н.С., Виноградова А.П. М.-Л.: Изд. АН СССР, 1939. 117 с.
7. Тр. Всесоюз. конф. по аналитической химии. М.-Л.: Изд-во АН СССР, 1939. Т. 1. 403 с.
8. *Золотов Ю.А.* История создания Института аналитической химии Академии наук. Журн. аналит химии. 2021. Т. 76. № 12. С. 1146–1151.
9. *Барановская В.Б., Доронина М.С.* Приборная база ИОНХ РАН для инновационных материалов и технологий. Репортаж из Центра коллективного пользования. Аналитика. 2022. Т. 14. № 1. С. 14–35.
10. *Mokrushin A.S., Nadornov I.A., Simonenko T.L., Simonenko N.P., Gorobtsov Ph.Yu., Arkhipushkin I.A., Simonenko E.P., Sevastyanov V.G., Kuznetsov N.T.* Gas-sensitive nano-structured ZnO films praseodymium and europium doped: Electrical conductivity, selectivity, influence of UV irradiation and humidity. Applied Surface Science. 2022. № 589. 152974

3.2. Институт металлургии и материаловедения имени А.А. Байкова

Это крупное и широко известное научное учреждение, созданное в 1938 г. по инициативе академика И.П. Бардина, называлось долгое время Институтом металлургии. Имя академика А.А. Байкова оно получило в 1946 г. Современное наименование было утверждено в 1997 г. решением Президиума РАН.



Здание Института металлургии и материаловедения им. А.А. Байкова

Аналитическая лаборатория. К химическому анализу с момента создания института имел отношение отдел физико-химических исследований, возглавлявшийся с 1939 по 1953 г. академиком Э.В. Брицке. 25 августа 1949 г. Президиумом АН СССР было принято решение о создании в институте химико-аналитической лаборатории, однако до переезда в новое здание на Ленинском проспекте в старом помещении на ул. Осипенко работала всего лишь группа лаборантов из шести человек, которая выполняла только самые элементарные определения. Для организации лаборатории в новом здании И.П. Бардиным в 1951 г. на должность заведующего лабораторией был приглашен к.г.-м.н. Ардалион Иванович Пономарев (1903–1987). Директор института придавал большое значение методам химического анализа и лично занимался комплектованием аналитической лаборатории оборудованием и квалифицированным персоналом. С появлением новых методов

анализа лаборатория непрерывно расширялась. Например, только в течение 1955 г. штат лаборатории, уже работающей в специально оборудованных помещениях площадью 147 кв.м., увеличился на 21 сотрудника. Расширился и сам институт, появлялись новые лаборатории, возникали новые, все более сложные задачи, требующие нестандартного аналитического обеспечения. Появились методы определения редких элементов, методы хроматографии, микрохимии, спектрального анализа и др.

К началу 1967 г. в Аналитической лаборатории работало уже 65 сотрудников, располагавшихся на площади более 500 кв.м. В лаборатории были представлены классические и инструментальные методы анализа (полярография, амперометрия, ионоселективные методы, спектрофотометрия и фотометрия, бумажная хроматография, газовый анализ), разрабатывались новые методы определения элементов. В создании новых методик аналитического контроля принимали участие квалифицированные аналитики, публикации которых до сих пор используются в повседневной работе: Л.Л. Лапчинская, А.Я. Шескольская, А.В. Архипова, Е.Н. Куненкова, Ю.И. Быковская, И.С. Постникова. Разрабатывались и осваивались методы анализа новых сплавов и материалов: тугоплавких сплавов, платиновых и редкоземельных элементов.



Одна из книг А.И. Пономарева

Сотрудниками лаборатории было опубликовано несколько монографий и большое число статей. Можно назвать монографии А.И. Пономарева «Методы химического анализа силикатных и карбонатных горных пород», «Методы химического анализа железных, титаномагнетитовых и хромовых руд» [1-3] и книги П.П. Коростелева «Приготовление растворов для химико-аналитических работ», «Реактивы и растворы в металлургическом анализе» и др. Эти книги переиздаются и в настоящее время и являются настольными для аналитических лабораторий геологического и металлургического профиля. В лаборатории создавалась школа химиков-аналитиков, яркими представителями которой были к.х.н., заместитель заведующего ла-

бораторией Ю.И. Быковская, Л.И. Веселаго, Е.Н. Куненкова, И.С. Постникова и др. С 1959 г. в лаборатории, в группе спектрального анализа, возглавляемой А.Н. Штейнбергом, начинал свою научную деятельность будущий академик В.Т. Калининков, пришедший в лабораторию после окончания химического факультета МГУ. Высококвалифицированный спектроскопист М.В. Никитина работала практически со дня основания спектральной группы до ухода на пенсию в 1986 г.

Атомно-эмиссионный анализ проводился на призмных спектрографах ИСП-30 и Q-24, ДФС-13 с дифракционной решеткой и автоматических квантометрах фирмы ЛОМО и Polivac. В 80-х годах был получен лазерный анализатор MLA-10 (Carl Zeiss), он применялся для изучения распределения легирующих компонентов на поверхности и в глубине образцов всех марок сталей, чугунов, меди, молибдена и других объектов (М.В. Никитина., С.К. Родионова). Кроме большого объема серийных анализов, разрабатывались химико-спектральные методики определения примесей в чистых металлах, многокомпонентных продуктах металлургического производства, различных природных объектах и продуктах их переработки. Научно-методические разработки периодически обобщались в сборниках «Методические рекомендации», внедрялись в практику аналитической лаборатории и использовались в других лабораториях аналогичного профиля. По разработанным методикам спектрального определения примесей в молибдене и вольфраме в 1969 г. были введены первые ГОСТы: «Молибден» (А.А. Фришберг) и «Вольфрам» (С.К. Родионова) – Методы спектрального анализа. С 1986 г. по настоящее время руководителем группы спектрального анализа является уникальный специалист Светлана Константиновна Родионова. Она работает в лаборатории с 1961 г.

В 70-е годы в Аналитической лаборатории появились методы атомно-абсорбционной спектрометрии (С.К.Родионова, Г.Г. Родная, Н.В. Поликарпова) – атомно-абсорбционные спектрометры фирмы Perkin Elmer, модели 303 – 1973 г. и модели 403 – 1979 г.), рентгеноспектрального и рентгенофлуоресцентного анализа (В.С. Хломов, С.В. Сокольский) – рентгенофлуоресцентный спектрометр VRA-2 (Carl Zeiss, 1980 г.).

А.И. Пономарев возглавлял Аналитическую лабораторию до 1983 г. С 1985 по 2022 г. лабораторией руководил специалист в области масс-спектрометрии д.т.н. Евгений Константинович Казенас. Он внес большой вклад в оснащение лабораторий новым аналитическим оборудованием. Это атомно-абсорбционные спектрометры фирмы Carl Zeiss модели 3, 30 (1987–1992 г.), фирмы Perkin Elmer, модель 2100 с HGA-700 (1990 г.), фирмы Thermo Fisher Scientific Ice 3500 (2009 г.), пламенный фотометр FLAPHO Carl Zeiss (1998 г.) и рентгенофлуоресцентные спектрометры VRA-20 (1985 г.), VRA-30 (1995 г.) и VRA 33 (1996 г.).

В 1989 г. был освоен метод атомно-эмиссионной спектрометрии с индуктивно-связанной плазмой (к.х.н. В.А. Волченкова, А.А. Гусаров, А.А. Гаськова), который стал доминирующим в аналитическом обеспечении лабораторий института (спектрометры фирмы Жобен Ивон» модель JY38 plus – 1988 г., PLASMAQUANT 100 фирмы Carl Zeiss – 1994 г., фирмы «Хориба Жобен Ивон», модель «Ультима 2» – 2003 г.). С использованием этого

метода были разработаны многочисленные методики. Это, например, методики определения примесей в материалах на основе титана, циркония, гафния, ванадия, ниобия, тантала, рения, молибдена и вольфрама без предварительного отделения основы, что позволило осуществлять экспрессный контроль содержания большого числа примесей в сплавах и порошках тугоплавких металлов и их соединений. Можно назвать также: методики экспрессного определения РЗЭ и скандия в широком диапазоне концентраций (0,00п – п·10%) в алюминиевых и магниевых сплавах или методики определения РЗЭ и скандия в природных минеральных объектах, что дало возможность разработать технологию переработки комплексных фосфатно-редкоземельных руд; методики определения свинца, иттрия, рутения, скандия и меди в сплавах на основе палладия, которые обеспечили исследования по разработке новых сплавов, обладающих повышенными физико-механическими свойствами для водородной энергетики; методики анализа наноструктурированных покрытий износостойких поверхностей или методику определения примесей при получении чистого пентаоксида ванадия.

В 2016–2018 гг. в лаборатории проводились исследования по теме «Фазовый анализ примесных элементов продуктов металлургического производства». Разработанные методики раздельного определения различных форм элементов-примесей ($Al - Al_2O_3$; $Zr - ZrO_2$) в сплавах на основе железа и никеля позволили изучить процессы образования неметаллических включений и механизмы их удаления, взаимодействие неметаллических включений со шлаками, используемыми в различных процессах плавки и разливки.

В 2008 г. в лаборатории появились системы автоклавной пробоподготовки: микроволновая система MARS 5 фирмы SEM Corporation и СВЧ-минерализатор «Минотавр 2», позволившие значительно упростить и ускорить процедуру растворения образцов (И.И. Кряжков, Н.А. Андреева, А.А. Фомина).

В лаборатории всегда работали выпускники кафедры аналитической химии химического факультета МГУ им. М.В. Ломоносова: Н.В. Поликарпова, Л.П. Орлова, Л.И. Толдова, С.В. Сокольский, Т.Н. Пенкина, О.А. Овчинникова, Е.А. Поплавская, А.А. Гаськова, А.А. Гусаров, В.А. Волченкова.

В последние годы работа лаборатории ведется по теме «Разработка методов диагностики и исследования структуры и свойств металлических функциональных и наноразмерных материалов».

В настоящее время в арсенале лаборатории представлено большое число современных инструментальных методов анализа: атомно-эмиссионная спектromетрия, в том числе с индуктивно связанной плазмой, атомно-абсорбционная спектromетрия, пламенная фотометрия, рентгенофлуоресцентный анализ, спектрофотометрия, современные системы пробоподготовки. Все эти методы, а также классические химические методы (гравиметрия и титриметрия) в сочетании с различными приемами разделения и концентрирования элементов используются в лаборатории для создания методик определения элементов в самых разнообразных объектах металлургического производства: в сталях и чугунах, кеках, шлаках, сплавах на различных основах (алюминия, магния, меди, цинка, никеля, кобальта, титана, циркония, молибдена, вольфрама, ниобия, рения, тантала, хрома, ванадия, благородных металлов, редкоземельных элементов и др.), полупроводни-

ковых высокотемпературных сверхпроводящих материалах, аморфных и композиционных материалах, природных материалах и продуктах их переработки, в керамических материалах разнообразного состава, ультрадисперсных порошках и нанопорошках. Сотрудники лаборатории участвуют в различных программах и проектах, в том числе международных.

Новые методики аналитического контроля применяются для корректировки процессов выплавки сплавов методом вакуумной индукционной плавки, компактирования капсул и процесса сварки с другими жаропрочными сплавами, что позволило обеспечить выполнение работы по усовершенствованию металлических соединений в жидкостных ракетных двигателях. Благодаря тесному сотрудничеству аналитиков с различными подразделениями института развиваются и совершенствуются технологии получения и методы очистки новых материалов, применяемых в медицине: титан и его сплавы – в качестве костных имплантатов; алюмо-цирконо-цериевые керамики – для ортопедической стоматологии; материалы, близкие по химическому и фазовому составу минеральной компоненте костной ткани. Контролируется элементный состав и степень чистоты всех стадий получения этих соединений. Разработаны методики ААС определения платины в широком диапазоне концентраций в высокосолевых растворах при изучении костнозамещающих материалов, функционализированных платину содержащими противоопухолевыми препаратами. Совместно с Российской медицинской академией последипломного образования и лабораторией плазменных процессов ИМЕТ изучалось влияние наноматериалов на живые организмы.

Совместные работы проводились со многими научно-исследовательскими организациями и вузами. Многолетние работы по изучению физико-химических природных процессов (форм нахождения элементов) и экспериментальному изучению растворимости природных минеральных соединений связывают сотрудников аналитической лаборатории с ИГЕМ и Институтом экспериментальной минералогии РАН (Черноголовка). При проведении международной аттестации образцов различного состава в 2005 г. (сплавов, руд, промпродуктов) Аналитическая лаборатория вошла в пятерку лучших аналитических лабораторий Европы (к.х.н. В.А. Волченкова, О.А. Овчинникова, В.Н. Яшукова).

За годы существования лаборатории сотрудниками опубликованы сотни работ и многочисленные монографии, получены патенты на изобретения. Так, в.н.с. О.Н. Фомина – соавтор серии книг, например: Фомин Г.С., Фомина О.Н. Воздух. Контроль загрязнений по международным стандартам. М.: Протектор, 1994. 228 с.; Фомина О.Н., Левин А.М., Нарсеев А.В. Зерно. Контроль качества и безопасности по международным стандартам. М.: Протектор. 2001. 368 с.; Фомина О.Н., Фомин Г.С. Пищевые продукты. Требования к качеству и контроль безопасности по международным и европейским стандартам. М.: Протектор, 2017. 816 с.

Научные сотрудники лаборатории подготовили и выпустили десятки специалистов (дипломников, стажеров, аспирантов), выступают с докладами на различных конференциях, в том числе международных. Работы сотрудников отмечались премиями, дипломами и т. д. Лаборатория выполняет разнообразные виды химических работ (не считая аналитических) для сотрудников

института. Без преувеличения можно сказать, что все, что создавалось в лабораториях института (исходные материалы, промежуточные продукты, конечные вещества различной степени очистки), прошло через руки аналитиков лаборатории. И, конечно, наличие современных приборов как для пробоподготовки, так и для анализа значительно расширяет возможности лаборатории, но в основе методов, требующих проведения химических аналитических исследований (переведения образцов в раствор, получения устойчивых форм элементов в растворе и т. д.), лежит добротное знание химии элементов – опыта классических химиков-аналитиков лаборатории.

С 2022 г. Аналитической лабораторией руководит к.х.н. Дарья Геннадьевна Филатова, доцент кафедры аналитической химии МГУ им. М.В. Ломоносова.

Рентгеноспектральная лаборатория. В 1951–1979 гг. в институте работал д.ф.-м.н. Игорь Борисович Боровский (1909–1985) – известный специалист по рентгеновской спектроскопии, который заведовал рентгеноспектральной лабораторией. Вместе со своим аспирантом Николаем Петровичем Ильиным они провели первую в СССР работу по рентгеноспектральному микроанализу (электронному микрозонду).

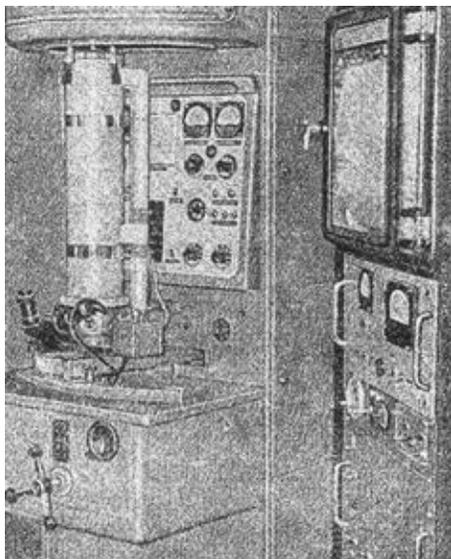
Д.т.н. Н.В. Тронева писала в статье, посвященной столетию со дня рождения И.Б. Боровского [4]:

«С 1955 г. при его прямом содействии Ленинградский завод “Буревестник”, завод “Светлана”, “Мосрентген”, Красногорский механический завод и другие предприятия начали выпускать оборудование для электронной и рентгеновской спектроскопии. Без этого было невозможно наладить производство массовых количественных анализов. В СССР начали регулярно проводиться семинары, конференции по рентгеноспектральному анализу. Появился новый журнал (периодический сборник) “Аппаратура и методы рентгеновского анализа”. В конце 50-х годов под руководством и при участии И.Б. Боровского был создан первый электронно-зондовый микроанализатор для локального рентгеноспектрального анализа».



Доктор физико-математических наук Игорь Борисович Боровский

«Он был председателем Научного совета по рентгеновской и электронной спектроскопии АН СССР, а также членом Научного совета по изучению состава и структуры тонких пленок».



Прибор И.Б. Боровского и Н.П. Ильина

В статье «Рентгеноспектральный анализ», опубликованной в «Успехах физических наук» в 1959 г. [7], И.Б. Боровский рекламировал метод:

«Новый метод характеризуется следующими параметрами: с его помощью можно исследовать и определять количественный химический состав на шлифах из сплавов, минералов, шлаков, органических и неорганических соединений на элементы от лития до урана с локальностью 0,1–2 мкм и исследовать распределение любого из обнаруженных “в точке” элементов в любом, заранее выбранном на шлифе направлении. Под локальностью в данном случае подразумевается, что на площади диаметром 0,1–2 мкм локальной чувствительностью 10^{-13} – 10^{-14} г и точностью 2–10 % можно определять количество любого из названных элементов и через каждые 0,1–2 мкм следить за возможным изменением количественного содержания любого из установленных элементов».

Непосредственным развитием макета, созданного И.Б. Боровским и Н.П. Ильиным, был прибор РЭММА, выпускавшийся Сумским заводом электронных микроскопов. Однако массовыми стали приборы, разработанные в Государственном оптическом институте (Ленинград) и производившиеся в Красногорске под названием МАР-1, МАР-2 и т. д.

Лаборатория диагностики материалов. Эта лаборатория – одна из самых молодых в Институте. Она была создана Константином Всеволодовичем Григоровичем в 1998 г. при активной поддержке тогдашнего директора института академика Н.П. Лякишева. Лабораторию создавали, как было сказано в соответствующем приказе, «...для проведения широкого спектра физико-химических исследований, определения состава, структуры и свойств металлических материалов, разработки и совершенствования методов анализа». В том же 1998 г. был подписан договор о сотрудничестве между институтом и фирмой LECO (Германия), и именно в рамках

реализации договора было начато формирование нового структурного подразделения. В институт было поставлено современное аналитическое оборудование фирмы LECO: атомно-эмиссионный спектрометр тлеющего разряда SA-2000, первый в России новейший прибор для послыонного анализа; оптический микроскоп Olimpus PME-3 с только что разработанной системой анализа изображения IA-32; автоматический компьютерный микротвердомер M400H1; анализатор серы и углерода CS 400; анализатор водорода в материалах RH402; оборудование для пробоподготовки. Газоанализатор TC 436 LECO для определения кислорода и азота в материалах в лаборатории тогда уже был. В штатном расписании лаборатории установили ставки заведующего лабораторией, одного научного сотрудника, двух ведущих инженеров и механика КИП. При этом в наличии были только заведующий с.н.с. к.т.н. К.В. Григорович, н.с. П.В. Красовский и механик КИП Г.П. Быков. Первым сотрудником, пришедшим в лабораторию, была Л.В. Уланская, единственный в новой лаборатории настоящий аналитик. Лидия Васильевна – выпускница кафедры аналитической химии Ленинградского университета, до прихода в лабораторию пятнадцать лет проработала в аналитической лаборатории комбината «Норильский никель». В том же году в лабораторию пришла аспирантка кафедры металловедения и физики прочности МИСиС металловед А.С. Богданова. Лаборатория остро нуждалась в кадрах, и когда в 2000 г. К.В. Григоровича пригласили работать профессором в МИСиС, он согласился, чтобы иметь возможность отбирать лучших студентов для работы в ИМЕТе.



Академик РАН Константин Всеволодович Григорович

Так постепенно формировался коллектив, и к 2003 г. в лаборатории работали уже 11 сотрудников, средний возраст которых был 31 год. В 2001 г. по совету члена-корреспондента РАН Ю.А. Карпова было принято решение

провести аккредитацию лаборатории. Целый год сотрудники лаборатории готовили необходимые документы и материалы, и в 2002 г. лаборатория прошла аккредитацию на соответствие требованиям Системы аккредитации аналитических лабораторий (в международной системе СААЛ). С тех пор и до настоящего времени лаборатория ежегодно подтверждает свою аккредитацию.

Лаборатория с самого начала успешно сочетала работу по аналитическому обслуживанию лабораторий института с фундаментальными и прикладными исследованиями, формировалась научная школа. Сотрудниками был выполнен комплекс экспериментальных и теоретических фундаментальных исследований и совместно с сотрудниками факультета ВМК МГУ разработаны методы согласованного описания термодинамических свойств ряда двойных и тройных систем (например Ni-Al, Ni-Cr) при широком интервале температур и концентраций. С использованием аналитического оборудования были выполнены исследования растворимости кислорода и проведено описание термодинамических свойств серии расплавов, получен ряд важных термодинамических констант. Результаты работ были опубликованы в журналах и изложены в кандидатских диссертациях С.С. Шибаева, А.В. Горохова, докторской диссертации К.В. Григоровича.

Был разработан и реализован в новейших аналитических приборах оригинальный метод фракционного газового анализа (ФГА), который получил мировое признание, были сформулированы основные принципы метода [6-9] и разработано его программное обеспечение [10]. Был выполнен комплекс исследований, связанных с разработкой физико-химических основ фракционного определения газообразующих примесей в металлах и сплавах, порошках, в том числе наноразмерных [11-15]. Были разработаны уникальные, не имеющие аналогов в мире методики фракционного газового определения кислорода и азота с разработкой соответствующих стандартных образцов, методика определения форм присутствия растворенного в металле азота и связанного в нитриды титана в различных сталях [16,17], методика определения форм присутствия водорода, растворенного в матрице и связанного в покрытиях. Сотрудниками лаборатории была разработана и аттестована методика количественного фракционного анализа форм нахождения углерода в порошках карбида вольфрама и наноразмерных порошках. Результаты исследований были опубликованы в журналах, изложены в кандидатских диссертациях П.В. Красовского, А.В. Горохова, Я.И. Табакова, докторской диссертации К.В. Григоровича. Совместными исследованиями ИМЕТ и УНИИМ был аттестован государственный стандартный образец углеродистой стали ГСО СГ-4 на содержание кислорода в высокоглиноземистых включениях.

Был проведен широкий комплекс исследований в области атомно-эмиссионной спектроскопии тлеющего разряда для разработки методик и программного обеспечения количественного послыонного анализа, разработан стандартный образец для калибровки толщин покрытий. Результаты исследований были опубликованы [18, 19], изложены в кандидатских диссертациях Г.С. Спрыгина и М.М. Мизотина.

Была обоснована необходимость применения методов фракционного газового анализа и количественной металлографии для технологического

контроля загрязненности рельсового металла. Проведен сравнительный анализ микроструктуры и чистоты рельсового металла различных производителей методами ФГА, электронной микроскопии и количественной металлографии [20,21]. Сформулированы критерии чистоты стали по неметаллическим включениям, установлены новые параметры прогноза эксплуатационной стойкости рельсов. Разработанные критерии чистоты рельсовых сталей и метод контроля с использованием ФГА были включены в ГОСТ «Рельсы железнодорожные, общие технические условия», межгосударственные стандарты и используются во многих странах на металлургических предприятиях, производящих рельсы. Результаты исследований были изложены также в кандидатских диссертациях А.С. Трушниковой и А.К. Гарбера в 2009 г. и К.Ю. Демина в 2012 г. Результаты работ по применению новых методик анализа неметаллических включений в трубных сталях были освещены в работах [22, 23] и в кандидатских диссертациях А.М. Арсенкина и Т.В. Шibaевой, в сталях для автомобильной промышленности – в публикациях [24,25] и диссертации Д.В. Горкуши.

Лаборатория является одной из самых современных лабораторий, специализирующихся на исследовании неорганических материалов. В состав лаборатории входит группа спектрального анализа, оснащенная двумя атомно-эмиссионными спектрометрами: искровым спектрометром Комплекс «Гранд-Эксперт» ВМК «Оптоэлектроника», который предназначен для прямого атомно-эмиссионного экспресс-определения основного и примесного состава металлов и сплавов, и атомно-эмиссионным спектрометром тлеющего разряда GDS -850A LECO. Уникальные характеристики делают тлеющий разряд идеальным источником возбуждения для измерения толщины покрытий, количественного послыонного анализа зон внутреннего окисления, нитроцементации и других способов обработки поверхности материалов. Катодное распыление атомов пробы с энергией до 15 эВ позволяет получать послыонное разрешение порядка 5-20 нм.

В группе анализа газообразующих примесей работают: газоанализаторы ТС-436 и ТС-600 LECO для определения общего и фракционного кислорода и азота в сплавах, керамических материалах, в компактных и порошковых материалах; анализатор RHEN 601 LECO для определения общего и растворенного водорода в неорганических и органических материалах; газоанализаторы для определения углерода и серы CS 600 и форм присутствия углерода в различных материалах RC 412 LECO.

Группа металлографического анализа и электронной микроскопии оснащена:

– Растровым электронным микроскопом высокого разрешения JEOL JAMP-9500F с Оже-спектрометром с полусферическим анализатором, обладающим высокими техническими характеристиками. Работы на Оже-электронном спектрометре направлены на исследование и контроль химического и фазового состава, формы и структуры наноматериалов и изделий из них, а также макрообъектов, имеющих наноразмерные структурные составляющие.

– Электронно-зондовым микроанализатором JEOL JXA-iSP100 EPMA. Этот прибор разработан для определения содержания элементов в матери-

алах или соединениях, картирования распределения элементов и решения других задач, таких, например, как определение среднего атомного номера в микро- и макрообластях анализируемого образца. Функционирующая конфигурация рентгеновских спектрометров с энергетической и волновой дисперсией (3 спектрометра, 6 кристаллов) оптимизирована для высокоточного и скоростного анализа элементного состава различных материалов в диапазоне элементов от углерода до урана.

С момента создания лаборатории ее сотрудниками были опубликованы две монографии и более 450 статей в научных журналах, защищены докторская и 16 кандидатских диссертаций. Академик К.В. Григорович был удостоен звания лауреата премии Правительства Российской Федерации в 2014 г., а в 2019 г. ему была присуждена премия им. И.П. Бардина РАН.

Литература

1. Пономарев А.И. Методы химического анализа силикатных и карбонатных горных пород. М.: Изд. АН СССР. 1961. 414 с.
2. Пономарев А.И. Методы химического анализа железных, титаномагнетитовых и хромовых руд. М: Наука. 1966. 406 с.
3. Пономарев А.И., Быковская Ю.И., Веселаго Л.И. Анализ сплавов на основе ниобия, титана, хрома. М.: Наука. 1979. 216 с.
4. Тронева Н.В., И.Б. Боровский – ученый, педагог, гражданин. Аналитика и контроль. 2009. Т. 3. № 4. С. 208.
5. Боровский И.Б. Рентгеноспектральный анализ. Успехи физич. наук. 1959. Т. 68. С. 81–91.
6. Григорович К.В. Фракционный газовый анализ – новое направление в контроле качества материалов. Аналитика и контроль. 2000. Т. 4. № 3. С. 244–251.
7. Григорович К.В., Мельничук Т.А., Трушников А.С., Шубина С.Б. Исследование государственных стандартных образцов для определения кислорода методом фракционного газового анализа. Аналитика и контроль. 2000. Т. 4. № 3. С. 289–292.
8. Григорович К.В., Красовский П.В., Исаков С.А., Горохов А.А., Крылов А.С. Обработка и интерпретация результатов фракционного газового анализа. Заводская лаборатория. 2002. Т. 68. № 9. С. 3–9.
9. Григорович К.В., Красовский П.В. Фракционный анализ включений Al_2O_3 и SiO_2 в сплавах на основе железа методом восстановительного плавления в потоке газа носителя. Заводская лаборатория. Диагностика материалов. 2002. Т. 68. № 10. С. 17–24.
10. Горохов А.А., Григорович К.В., Крылов А.С. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2017619663. Дата поступления 18 апреля 2017 г. Дата государственной регистрации в Реестре программ для ЭВМ 01 сентября 2017 г.
11. Шibaев С.С., Красовский П.В., Григорович К.В. Раскисление кремнием и контроль оксидных включений в электротехнических сталях. Металлы. 2006. № 2. С. 14–27.

12. Шубаев С.С., Красовский П.В., Григорович К.В. Определение форм нахождения кислорода в нержавеющей стали методом восстановительного плавления. Заводская лаборатория. Диагностика материалов. 2006. Т. 72. № 6. С. 10–16.
13. *Krasovskii Pavel V., Gruner Wolfgang, Grigorovitch Konstantin V.* Improving the procedure for oxide speciation in steel by inert gas fusion technique. *Steel Research*. 2006. Vol.77. No. 1. P. 50–58.
14. *Grigorovich K V.* Fractional gas analysis. Applications for metals and nanopowders. *Proceedings of the 5th by-national Russian-Israel Workshop 2006*. Novosibirsk, 2006. P. 67–75.
15. Красовский П.В., Благоевещенский Ю.В., Григорович К.В. Определение кислорода в нанопорошках системы W-C-Co. Неорганические материалы. 2008. Т. 44. № 8. С. 1–6.
16. Табаков Я.И., Григорович К.В., Мансурова Е.Р. Определение свободного азота в углеродистых сталях методом высокотемпературной экстракции в токе несущего газа. *Металлы*. 2016. № 4. С. 27–31.
17. Табаков Я.И., Григорович К.В., Румянцев Б.А. Применение метода высокотемпературной экстракции в несущем газе для количественного определения TiN в рельсовой стали. *Металлы*. 2016. № 6. С. 28–35.
18. Спрыгин Г.С., Григорович К.В., Мизотин М.М., Крылов А.С. Сглаживание данных атомно-эмиссионной спектроскопии. Заводская лаборатория. Диагностика материалов. 2008. Т. 74. № 2. С. 3–7.
19. Спрыгин Г.С., Григорович К.В., Шитов Б.А., Власова В.И. Особенности применения спектроскопии тлеющего разряда для проведения количественного послыйного анализа тонких покрытий // Заводская лаборатория. Диагностика материалов. 2010. Т. 76. № 4. С. 27–34.
20. Григорович К.В. Контроль металлургического качества рельсовой стали – надежная основа высоких эксплуатационных свойств рельсов в пути. *Промышленный транспорт XXI века*. 2005. № 4. С. 47–50.
21. Григорович К.В., Трушников А.С., Шубаев С.С. Сравнение методов контроля неметаллических включений для оценки качества железнодорожных рельсов. *Промышленный транспорт XXI век*. 2010. № 4. С. 36–39.
22. Григорович К.В., Шубаева Т.В., Арсенкин А.М. Влияние технологии раскисления трубных сталей на состав и количество неметаллических включений. *Металлы*. 2011. № 5. С. 157–164.
23. *Shibaeva Tatyana, Laurinavichyute Veronika K, Tsirlina Galina A., Ars Alexander M., Venkin Tatyana, Grigorovich Konstantin V.* The effect of microstructure and non-metallic inclusions on corrosion behavior of low carbon steel in chloride containing solutions. *Corrosion Science*. March 2014. Vol. 80. P. 299–308.
24. *Gorkusha Dmitry, Karasev Andrey Vladimirovich, Komolova Olga, Grigorovich Konstantin Vsevolodovich, Jönsson Pär Göran.* Characterization of Non-metallic Inclusions and Clusters during Production of Low-carbon IF Steel. *ISIJ International*. 2020. Vol.60. No.12. P.2819–2828.
25. *Karasev A.V., Gorkusha, D.V., Grigorovich, K.V., Jönsson, P.G.* Application of some modern analytical techniques for characterization of non-metallic inclusions in a Fe-10mass% Ni alloy deoxidized by Ti/Zr and Ti/Mg. *Metals*. 2021. Vol. 11. No. 3. P. 1–16.

3.3. Институт химии высокочистых веществ имени Г.Г. Девярых

Это институт (находится в Нижнем Новгороде) с крупными достижениями и большим опытом в области анализа веществ высокой чистоты. Недавно изданная книга «Высокочистые вещества» [1] содержит и сведения, относящиеся к аналитической химии чистых веществ. Ранее подобный материал был в другом издании – в книге «Выставка – коллекция...» [2].



Здание института химии высокочистых веществ им. Г.Г. Девярых

Получение веществ высокой чистоты невозможно без контроля их чистоты, т. е. требует применения высокочувствительных методов анализа для оценки содержания примесей. Поэтому работы по созданию, совершенствованию и рациональному применению таких методов составляют значительную часть исследовательской программы института. Используются различные методы – спектроскопические, масс-спектрометрические, хроматографические и другие. Создано немало новых приемов, новых методик анализа. Институт имеет репутацию одного из ведущих в стране в части анализа высокочистых веществ.



Книга «Высокочистые вещества» (2018)

Одной из аналитических лабораторий института ряд лет заведовал доктор химических наук Игорь Дмитриевич Ковалев (1938 – ?), специалист по лазерной масс-спектрометрии и другим физическим методам анализа. Им повышена чувствительность лазерной масс-спектрометрии и надежность получаемой аналитической информации, создан лазерный микролокальный метод анализа с пробоотбором 10^{-7} - 10^{-11} г для исследования распределения примесей в высокочистых веществах. Разработан ряд времяпролетных масс-спектрометров: угловой, линейный и тандемный лазерный масс-рефлекторный, имеющие на 2-4 порядка меньший предел обнаружения, чем их предшественники.



Одна из масс-спектрометрических установок института

Благодаря оригинальным идеям двухступенчатой селекции ионных пакетов и лазерной очистки поверхности анализируемого образца, заложен-

ным в конструкцию тандемного прибора, реализован предел обнаружения $n \times 10^{-7} \%$ для газообразующих примесей, что было рекордным для масс-спектрометрии. В статической лазерной масс-спектрометрии предложен и реализован метод тонкого слоя, что в сочетании с автоклавным концентрированием позволило снижать пределы обнаружения на 1-2 порядка (до $10^{-8} \%$).

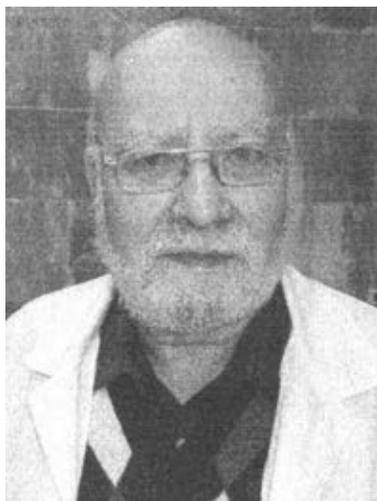


Доктор химических наук Игорь Дмитриевич Ковалев

Разработан метод определения изотопного состава изотопно обогащенных твердых и ряда летучих веществ с очень низкой погрешностью определения на универсальных масс-спектрометрах. Созданы Государственные стандартные образцы состава ряда высокочистых веществ с аттестованным содержанием примесей в интервале 10^{-3} - $10^{-12} \%$. И.Д. Ковалев имел более 75 публикаций. В настоящее время развитие направления масс-спектрометрического метода продолжается под руководством А.М. Потапова.

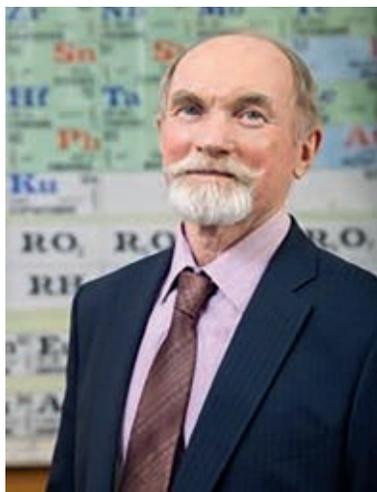
Развитием атомно-эмиссионного и атомно-абсорбционного методов анализа высокочистых веществ и функциональных материалов в сочетании с химической пробоподготовкой, направленной на снижение пределов обнаружения примесей, занимается заведовавший одной из аналитических лабораторий к.х.н. Владимир Георгиевич Пименов. Основные его научные результаты связаны с предложением и реализацией способов предварительного концентрирования примесей: отгонкой матрицы на графитовом коллекторе из больших аналитических навесок пробы; после химического перевода матрицы в летучие соединения в паровой фазе реагентов в автоклаве; непосредственно в графитовых электродах с насадками для атомно-эмиссионного анализа без использования коллектора примесей; на фторопластовой подложке с получением концентрата примесей в капле жидкости; на поверхности анализируемой пробы, позволяющие практически полностью реализовать возможности современных методов элементного анализа. Предложенные способы подготовки проб и устройств к анализу,

варианты предварительного концентрирования примесей позволили достичь в сочетании с атомно-эмиссионным, атомно-абсорбционным методами пределы обнаружения примесей 10^{-6} - 10^{-12} %. Исследован примесный состав важнейших полупроводниковых и оптических веществ и материалов, их прекурсоров.



Кандидат химических наук Владимир Георгиевич Пименов

Существенный вклад в анализ высокочистых газообразных (летучих) веществ внес доктор химических наук, заведовавший одной из лабораторий д.х.н. Валентин Алексеевич Крылов, одновременно руководивший кафедрой аналитической химии Нижегородского университета.



Доктор химических наук Валентин Алексеевич Крылов

Направлением научной деятельности В.А. Крылова является развитие теории и применение хроматографии, хромато-масс-спектрометрии и лазерной ультрамикроскопии для анализа высокочистых веществ и объектов окружающей среды, разработка методов концентрирования примесей. Исследован примесный состав высокочистых моноизотопных гидридов и фторидов; достигнутые пределы обнаружения молекулярных примесей составляют 10^{-6} - 10^{-9} % масс и являются рекордными. В последние годы В.А. Крылов занимается твердо- и жидкофазным микроконцентрированием примесей, им предложен метод микроэкстракционного концентрирования примесей из воздуха с использованием отвержденной воды в качестве адсорбента.

В настоящее время аналитической лабораторией заведует д.х.н. Андрей Юрьевич Созин. Область его научных интересов: хроматографическое и хромато-масс-спектрометрическое исследование примесного состава высокочистых летучих веществ. Исследован примесный состав и разработаны методики хромато-масс-спектрометрического анализа высокочистых летучих гидридов с естественным и смещенным изотопным составом, элементоорганических соединений халькогенов. Расширена информация о примесном составе данных веществ. В изотопно обогащенных веществах установлен новый тип примесей, являющихся к ним молекулярными изобарами. Разработанные методики анализа характеризуются пределами обнаружения примесей 10^{-4} - 10^{-8} % мол. Создан массив данных ранее отсутствующих в литературе масс-спектров электронной и химической ионизации элементоорганических соединений, фторсилоксанов, имеющих естественный и изотопно обогащенный состав. Разработана методика количественного хромато-масс-спектрометрического определения примесей при отсутствии у них образцов сравнения.

Д.х.н. П.Г. Сенников и его коллеги разрабатывают методы определения молекулярных примесей в постоянных газах, летучих неорганических гидридах и галогенидах методом инфракрасной спектроскопии высокого разрешения. Д.х.н. О.П. Лазукина создавала приемы определения примесей, присутствующих в высокочистых веществах в виде гетерофазных включений нано- или микроразмеров.

Во время организации и становления в институте выставки-коллекции веществ высокой чистоты институт организовал привлечение ряда ведущих аналитических лабораторий страны для выполнения анализа экспонатов.



Книга о выставке-коллекции высокочистых веществ

Более детально работы по химическому анализу высокочистых веществ в институте освещены в новой (2022 г.) книге [3].

Литература

1. Высокочистые вещества. Под ред. М.Ф. Чурбанова. М.: Научный мир. 2018. 966 с.
2. Девятых Г.Г., Карпов Ю.А., Осипова Л. Выставка-коллекция веществ высокой чистоты. М.: Наука, 2003. 236 с.
3. Научная школа Г.Г. Девятых по химии высокочистых веществ. Научно-библиографическое издание. Под ред. М.Ф. Чурбанова и А.Д. Буланова. Нижний Новгород: Ин-т химии высокочист. в-в им. Г.Г. Девятых. 2022. 134 с.

3.4. Институт химии силикатов имени И.В. Гребенщикова

Этот основанный в 1948 г. и находящийся в Санкт-Петербурге институт (располагающийся на двух площадках) хорошо известен работами по керамическим материалам, в том числе по полупроводникам, стеклу и не только.



Одно из зданий Института силикатов им. И.В. Гребенщикова

В 1959 г. аналитическую лабораторию в Институте химии силикатов организовал известный химик-аналитик, заведующий кафедрой аналитической химии Ленинградского университета доктор химических наук Юрий Витальевич Морачевский (1894–1961).



Доктор химических наук Юрий Витальевич Морачевский

Под руководством Ю.В. Морачевского в лаборатории разрабатывались, в частности, методы спектрального определения примесей в кремнеземе и полупроводниковом кремнии.

Приведем без комментариев отрывок из статьи Ю.В. Морачевского, опубликованный в 1957 г. [1]. «Сорок лет назад содержание элемента ниже 0,01% считалось не имеющим практического значения (“следами”) и, как правило, не определялось. В настоящее время практику интересуют содержания элементов в миллион раз меньше. Аналитическая химия так называемых “следов” становится одним из важнейших отделов аналитической науки.

Необходимость с максимальной быстротой устанавливать состав сырья, контролировать ход технологического процесса потребовала упрощения анализа без ущерба для точности его результатов. Одной из важнейших задач аналитической химии стала разработка экспрессных методов анализа.

Для решения этих главнейших задач, а равно и многих других, современная аналитическая химия пользуется широким арсеналом методов исследования. Особенное значение, как нам представляется, приобрели методы “концентрирования” определяемого элемента при малом его содержании в анализируемом материале. Главнейшими путями концентрирования являются хроматографические методы разделения ионов и их извлечения из растворов, методы экстрагирования ионов из водных растворов органическими растворителями и методы, основанные на явлениях соосаждения ионов с неорганическими и органическими коллекторами. Не подлежит сомнению исключительное значение для аналитической химии органических реагентов – применение их в самых разнообразных аналитических целях уже сейчас открывает блестящие перспективы. Все возрастающую роль должны приобретать радиохимические методы как для контроля воспроизводимого процесса, так и для непосредственного определения содержания элемента. Среди методов конечного определения содержания элемента первенствующее положение, как нам представляется, должны занять оптические методы анализа».

В аналитической лаборатории изучали состояние и поведение кремния (как основного компонента силикатов) в условиях его аналитического определения. Детальное изучение классического гравиметрического метода определения этого элемента к.х.н. Егоровой показало, что при самом скрупулезном выполнении анализа кремний не может быть количественно определен из-за растворения геля кремниевой кислоты в процессе его выделения. Однако, как было показано, при соблюдении определенных условий переведения образца в раствор кремниевая кислота не полимеризуется. Были разработаны высокоточные гравиметрический и дифференциальный спектрофотометрический методы определения кремния, которые позволяли из одной навески без предварительного разделения определять, кроме кремния, и многие другие элементы. Был разработан метод автоматического потенциометрического титрования высоких содержаний бора без предварительного отделения кремния и других элементов. Найдены также условия сохранения Sn, Zr, Ni, Nb и Ta в растворе в мономерной форме, что позволяло определять не только их, но и другие элементы в этом растворе.

Со временем тематика института расширялась, и появилась необходимость определения состава не только силикатов, но также синтетических материалов необычного состава. Под руководством М.М. Пирютко, в те-

чение многих лет возглавлявшей аналитическую лабораторию, были разработаны методики определения степени окисления хрома в германатах кальция; германия в германатах РЗЭ и кремния в диоксиде кремния, определения дефицита кислорода, связанного с присутствием меди в стеклах, соотношения различных валентных форм меди и висмута в высокотемпературных сверхпроводниках на основе купратов, олова в фосфатах и некоторых других материалах.

Отдельно нужно сказать о работах по анализу веществ высокой чистоты, в которых в 1950–1970 гг. активно участвовал доктор химических наук Хаим Израилевич Зильберштейн, руководивший группой спектрального (атомно-эмиссионного) анализа чистых веществ. Он исследовал аналитические возможности источников возбуждения спектров с целью достижения низких пределов обнаружения элементов: дуги переменного тока, в том числе с наложением однородного магнитного поля, горячего полого катода, индуктивно-связанной аргоновой плазмы, лазерных источников возбуждения. Разработал высокочувствительный метод атомно-эмиссионного анализа при размещении тонкого слоя вещества на поверхности двух угольных электродов с возбуждением спектра в низковольтной дуге переменного тока в присутствии «носителя» – добавки хлорида натрия («метод Зильберштейна»). Хаим Израилевич – один из родоначальников химико-спектральных методов анализа чистых веществ, сочетающих предварительное выделение примесей из большой навески анализируемого вещества с атомно-эмиссионным анализом концентрата, – дал рекомендации по подготовке пробы, очистке реактивов для анализа, очистке воздуха рабочей зоны, по режиму и организации работы с веществами высокой чистоты.



Доктор химических наук Хаим Израилевич Зильберштейн

В конце 1950-х годов Х.И. Зильберштейн создал в институте одно из первых в стране специально оборудованное лабораторное помещение – прообраз современных промышленно изготавливаемых чистых рабочих модулей. Теоретически и экспериментально он исследовал зависимость случайной ошибки определения микросодержаний элементов от величины измеряе-

мого сигнала («кривая ошибок») и предложил строгие статистические критерии оценки пределов обнаружения микропримесей в различных случаях анализа. Разработал ряд новых методов определения малых и ультрамалых (10^{-4} - 10^{-8} % масс.) содержаний примесей в жидких и твердых материалах (например, в полупроводниковом кремнии и особо чистом кварцевом стекле). Под редакцией Х.И. Зильберштейна в 1971 г. вышла книга «Спектральный анализ чистых веществ» [2]. Работы по концентрированию примесей проводил в институте к.х.н. М.П. Семов.

В настоящее время в институте функционирует сервисное аналитическое подразделение – аналитическая группа в составе лаборатории физической химии стекла (руководитель группы к.х.н. Л.Н. Куриленко). Выполняется анализ неорганических материалов – стекол, ситаллов и др., синтезируемых в научных подразделениях института, а также по заявкам других организаций на основе хозяйственных договоров. Проводится определение большого числа элементов с использованием атомно-абсорбционной спектроскопии и других методов.

Литература

1. *Морачевский Ю.В.* Наши достижения и задачи (о развитии лабораторного дела за 40 лет советской власти). Заводск. лаборатория. 1957. Т. 23. № 10. С. 1171.
2. Спектральный анализ чистых веществ. Под ред. Х.И. Зильберштейна. Л.: Химия. 1971. 416 с.

3.5. Институт химии и технологии редких элементов и минерального сырья имени И.В. Тананаева

Институт (ИХТРЭМС) создан в 1956 г., входит в состав Кольского федерального исследовательского центра РАН и находится в г. Апатиты Мурманской области.



Академгородок в г. Апатиты

Первым заведующим аналитической лаборатории института в 1962 – 1966 гг. был Н.К. Пыряев (который впоследствии двадцать лет возглавлял аналитическую службу на заводе в Силламяэ). В институте затем был создан аналитический отдел из трех лабораторий, которым руководил Хаджимурат Борисович Авсарагов. Аналитическими лабораториями руководили также М.И. Андреева, М.П. Риттер и к.ф.-м.н. В.С. Басков. Вилор Сильвестрович Басков внес большой вклад в создание и оснащение лаборатории. Он заведовал лабораторией с 1966 по 2008 г. Доктор технических наук Х.Б. Авсарагов (1935–2008) активно участвовал в развитии и применении нейтронно-активационного анализа. На практике был реализован такой анализ на базе энергетических реакторов атомных электростанций, при этом получены количественные характеристики ядерных взаимодействий элементов в нейтронных полях реакторов, необходимые для обоснованной постановки аналитических работ.



Доктор технических наук
Хаджимурат Борисович Авсарагов



Кандидат
физико-математических наук
Вилор Сильвестрович Басков



Кандидат технических наук
Галина Степановна Скиба

В настоящее время в институте есть Отдел химических и физических методов анализа («Аналитический отдел»), им заведует к.т.н. Галина Степановна Скиба. Отдел включает лабораторию физико-химических методов анализа, лабораторию химических и оптических методов анализа и Региональную лабораторию радиационного контроля. В первой (и.о. заведующего к.х.н. В.В. Семушин) в числе прочего разрабатываются рентгеноспектральные и радиохимические методы анализа минерального и техногенного сырья, объектов природной среды. Во второй (заведующая к.т.н. Г.С. Скиба), которая выполняет функции аттестованного аналитического центра, разработаны методики анализа высокочистых продуктов – кобальта и его соединений, оксидов ниобия и тантала, ниобатов и танталатов лития и др. Лаборатория неплохо оснащена. Например, есть масс-спектрометр с индуктивно связан-

ной плазмой с системой лазерного испарения (к.х.н. С.В. Дрогобужская), различные атомно-эмиссионные и атомно-абсорбционные спектрометры.

Лаборатория химических и оптических методов анализа с 2007 по 2016 г. была аккредитована (Росаккредитация) в соответствии с «Системой аккредитации аналитических лабораторий». В настоящее время деятельность лабораторий контролируется в системе Росстандарта Государственным региональным центром стандартизации, метрологии и испытаний в Мурманской области. Сотрудники лаборатории совмещают научную работу с преподавательской деятельностью на кафедре химии и строительного материаловедения Апатитского филиала МГТУ.

Задача лабораторий – аналитическое обеспечение деятельности института и, по возможности, других структурных подразделений ФИЦ КНЦ РАН:

- разработка методик анализа минерального сырья Кольского полуострова, продуктов его переработки, чистых металлов, сплавов, соединений, кристаллов с использованием методов масс-спектрометрии, атомно-эмиссионной с индуктивно-связанной плазмой и атомно-абсорбционной спектрометрии, рентгеноспектрального анализа;
- разработка методик анализа различных органических объектов с использованием хромато-масс-спектрометрии;
- разработка методик группового и селективного извлечения металлов из природных, промышленных и сточных вод для природоохранных целей, для анализа чистых веществ и технологических объектов;
- исследование структуры соединений рентгеновским, кристаллооптическим, ИК-спектроскопическим, термическим методами, методом электронной микроскопии;
- разработка и усовершенствование радиохимических методов анализа минерального и техногенного сырья, объектов природной среды;
- радиационная оценка сырья и технологий;
- изучение поверхности, пористости и распределения частиц по размерам различных объектов.



Сотрудники лаборатории химических и оптических методов анализа. 2006 г.

3.6. Радиевый институт имени В.Г. Хлопина АН СССР

Созданный в 1922 г. по инициативе академика В.И. Вернадского Радиевый институт до начала 1960-х годов входил в состав Академии наук СССР. Многие проводившиеся в институте исследования сопровождались решением химико-аналитических задач, разрабатывались методы радиохимического анализа.



Здание Радиевого института им. В.Г. Хлопина

Известный радиохимик, длительное время директор Радиевого института академик Виталий Григорьевич Хлопин (1890–1950) провел немало исследований в области аналитической химии. Он предложил объемные методы определения ванадия, железа и урана, разработал метод определения оксидов азота в воздухе, метод весового определения урана. Написал руководство по анализу природных вод. Создал аппаратуру для быстрого определения суммы гелия и неона в газовых смесях и разработал методы определения отдельных инертных газов. Предложил качественные реакции на иридий и ванадий, метод определения бора в минеральных водах. Виталий Григорьевич входил в состав Комиссии по аналитической химии АН СССР, участвовал в работе «Журнала аналитической химии».



Академик Виталий Григорьевич Хлопин

Член-корреспондент АН СССР доктор химических наук Иосиф Евсеевич Старик (1902–1964) использовал естественные радиоактивные элементы в качестве аналитических индикаторов, разрабатывал методы определения урана, тория, актиния, а также методы разделения ряда элементов.



Академик Борис Петрович Никольский

В Радиевом институте работал также академик Б.П. Никольский, он заведовал лабораторией, а с 1953 г. – химическим отделом института. Под его редакцией вышло немало книг по аналитической химии (основные исследования Борис Петрович проводил в Ленинградском университете).

3.7. Институт органической химии имени Н.Д. Зелинского

Как и во многих других академических институтах химического (прежде всего «органического») профиля, в ИОХ много десятилетий назад была создана лаборатория элементного анализа органических соединений (М.О. Коршун, В.А. Климова). Лаборатория использовала и активно совершенствовала классические методы элементного микроанализа. Позднее инструментарий лаборатории расширился и даже радикально менялся. Огромное значение имел переход на автоматические СНН (СННС) – анализаторы, включающие использование хроматографии. Методическая же работа была и остается связанной с особенностями новых синтезируемых объектов анализа.



Здание Института органической химии им. Н.Д. Зелинского

В 1954–1979 гг. лабораторией микроанализа заведовала доктор химических наук Валентина Алексеевна Климова, ставшая сотрудником этой лаборатории, возглавлявшейся ранее М.О. Коршун, еще в 1941 г. В 1948 г. Валентина Алексеевна защитила кандидатскую диссертацию, выполнив работы по микроэлементному анализу органических соединений в быстром токе кислорода. Докторскую диссертацию подготовила в 1963 г. Результаты исследований, выполненных В.А. Климовой и под ее руководством, вошли в ее монографию «Основные микрометоды анализа органических соединений» [1], выдержавшую два издания (в 1967 и 1975 гг.) на русском языке и в 1997 г. – на английском. Валентина Алексеевна создала и внедрила ряд новых микроаналитических методов и аппаратуру для микроэлементного анализа. Ею совместно с учениками опубликовано свыше 100 статей и ав-

торских свидетельств по гравиметрическим, титриметрическим, акваметрическим, кулонометрическим, фотометрическим и другим микрометодам элементного анализа органических и неорганических соединений. Ее ученики работали во многих научных центрах нашей страны. В.А. Климова была одним из организаторов Комиссии по органическому анализу Научного совета АН СССР по аналитической химии и возглавляла ее в течение десяти лет (1970–1980), была членом редакционного совета издательства «Химия», постоянным членом оргкомитетов всесоюзных конференций по органическому анализу.

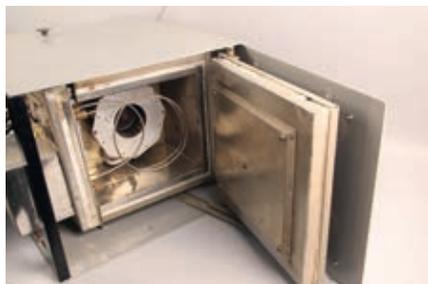
Институт был одним из центров создания первых советских газовых хроматографов. Приборы разработанной в ИОХ серии ЛХМ были в свое время активно использованы. Эти работы осуществлялись в Специальном конструкторском бюро ИОХ, в частности под руководством доктора химических наук В.П. Чижкова.

Виталий Павлович Чижков известен работами по теории хроматографии, см., например, его обзор [2]. Он развивал общую теорию разделения, термодинамическую теорию идеального каскада, он создатель обобщенной термодинамической теории тонкого разделения компонентов бинарных и многокомпонентных трудноразделимых смесей. Ему принадлежит заслуга в создании, внедрении и организации производства хроматографов «Биохром-21» и «Биохром-27», а также оригинальных приставок к газовым и жидкостным хроматографам. Он автор циркуляционной хроматографии, позволившей добиться эффективности разделения свыше миллиона теоретических тарелок, а также других уникальных приемов разделения.



Доктор химических наук Виталий Павлович Чижков

В институте был создан газовый хроматограф ЛХМ-80М, разработчиком которого был Виктор Васильевич Гаврилов. Прибор выпускался заводом «Моснефтекип», а модификация ЛХМ-80МД даже двумя заводами – «Моснефтекип» и «Хроматограф». Прибор «Биохром-21» был со стеклянными капиллярными колонками. Разработкой таких колонок в институте занимался д.х.н. Э.А. Мистрюков.



Хроматограф ЛХМ-80МД

Подробно исследования и разработки института в области хроматографии освещены в книге [3] и в недавних статьях [4,5], посвященных истории газохроматографического приборостроения в СССР.

Работавший с 1956 г. в институте доктор технических наук Сталь Григорьевич Майрановский проводил исследование в области полярографии органических соединений (исследовал, например, кинетику электрохимических реакций). Он автор нескольких монографий, в том числе соавтор книги «Полярография в органической химии» [6].

В настоящее время для исследования новых соединений в институте используется целый комплекс методов, включающий рентгеноструктурный анализ, ЯМР, ИК-спектроскопию и другие. Тесное сотрудничество институт имел с приборостроительной фирмой «Брукер», это сотрудничество было оформлено созданием на территории ИОХа так называемого Международного аналитического центра.



Масс-спектрометр ионного циклотронного резонанса с преобразованием Фурье

Институтом приобретен прибор ионного циклотронного резонанса с преобразованием Фурье – масс-спектрометр с наивысшей разрешающей способностью. Академик В.П. Анаников возглавляет в ИОХ лабораторию, в которой сосредоточены различные методы исследования и анализа органических веществ (масс-спектрометр ионного циклотронного резонанса тоже в этой лаборатории).

Литература

1. *Климова В.А.* Основные микрометоды анализа органических соединений. М.: Химия. 1975. 224 с.
2. *Чижков В.П.* Успехи химии. 1971. Т. 40. С. 161.
3. 100 лет хроматографии. Отв. ред. Б.А. Руденко. М.: Наука. 2003. 739 с.
4. *Матиевская Е.И., Баум Е.А.* Проект химического факультета МГУ им. М.В. Ломоносова и Политехнического музея. Из истории приборостроения в газовой хроматографии 1940-х – начала 1970-х годов. Часть 1. Аналитика. 2021. Т. 11. № 2.
5. То же. Часть 2. Аналитика. 2021. Т. 11. № 3. С. 240–248.
6. *Майрановский С.Г., Страдынь Я.П., Безуглый В.Д.* Полярография в органической химии. М.: Химия. 1975. 352 с.

3.8. Институт элементоорганических соединений имени А.Н. Несмеянова

Аналитическая химия в ИНЭОС РАН с момента создания института в 1954 г. (путем отпочковывания от Института органической химии им. Н.Д. Зелинского) была представлена прежде всего трудами лаборатории микроанализа (М.О. Коршун, Н.Э. Гельман, Е.А. Терентьева, А.Г. Буяновская и др.), спектроскопическими работами, исследованиями хроматографического разделения энантиомеров и широким использованием полимеров (сорбентов), созданных под руководством В.А. Даванкова.



Здание Института элементоорганических соединений им. А.Н. Несмеянова

М.О. Коршун руководила лабораторией микроанализа недолго – с 1954 по 1958 г. Основная ее деятельность протекала раньше в Институте органической химии (см. соответствующий раздел).

Следующая ниже справка о трудах М.О. Коршун составлена по материалам официального сайта ИНЭОС РАН.

После окончания в 1929 г. химического факультета 2-го МГУ М.О. Коршун работала химиком в лаборатории Московского химического завода № 1. После достижения успехов в модификации определения элементов по Преглю в 1935 г. она была приглашена в лабораторию микроанализа Института органической химии, через два года Коршун была назначена на должность заведующего лабораторией микроанализа.

Кандидатская диссертация М.О. Коршун, посвященная прямому определению кислорода в органических веществах, содержала обзор методов окисления и восстановления кислорода в целях его определения, экспериментальная часть была посвящена реализации изученных методов на органических соединениях. Впоследствии на основании этих трудов М.О. Коршун разработала универсальный прибор для определения кислорода. Многолетняя работа в области классического количественного микроанализа предоставила Коршун возможность применить классические методы к соединениям разнообразнейших свойств и состава, что позволило выявить в этих методах множественные недостатки. Под руководством Мир-

ры Осиповны многие методы микроанализа были модифицированы. Так, длительность классического окисления органических соединений по Линднеру была сокращена в 4 раза за счет оптимизации температуры процесса, а определение азота и кислорода по Преглю было распространено на галогенсодержащие соединения. Помимо усовершенствования существующих аналитических методов, Мирра Осиповна совместно с коллегами предложила ряд новых путей проведения микроанализа. Наибольшее распространение получил метод скоростного одновременного определения углерода и водорода в органических соединениях, названный в литературе методом Коршун-Климовой. Метод позволял одновременно определять азот, серу или другие элементы, содержащиеся в окисляемом веществе (при использовании подходящих поглотителей). М.О. Коршун уделяла большое внимание внедрению методов микроанализа в производственную и даже неаналитическую практику. Например, она предложила способы точного взвешивания на обычных аналитических весах при отсутствии в заводских лабораториях подходящих микровесов.

Значительно большее время заведующей лабораторией работала Нора Эфраимовна Гельман (1909–1999). Совместно с М.О. Коршун она принимала участие в создании лаборатории. В 1972 г. Нора Эфраимовна защитила докторскую диссертацию «Элементный микроанализ элементоорганических соединений», в диссертации были обобщены оригинальные варианты определения состава фторорганических и других трудных анализируемых соединений. Гельман создавала экспрессные гравиметрические методы одновременного определения углерода, водорода и гетероэлементов. Много внимания Нора Эфраимовна уделяла выпуску отечественной аппаратуры для органического микроанализа. Под ее редакцией выпущено руководство «Методы количественного органического элементного микроанализа» [1], в котором приведены методики определения С, Н, N, а также галогенов, серы, многих металлов и неметаллов в органических и элементоорганических соединениях с использованием классических и более современных методов.

Преемником М.О. Коршун и Н.Э. Гельман на посту заведующей лабораторией микроанализа была доктор химических наук Евгения Александровна Терентьева (1921–2011). Ею создана серия методов электрохимического определения более 30 металлов и неметаллов в элементоорганических соединениях. При этом она использовала полярографию, амперометрию, кулонометрию. Разработаны приемы полярографического и амперометрического безнавесочного определения стехиометрии сложных молекул.

Евгения Александровна активно работала в Научном совете АН СССР по аналитической химии и была в числе организаторов ряда конференций по органическому анализу. Была членом Международного союза теоретической и прикладной химии (ИЮПАК).



Доктор химических наук Евгения Александровна Терентьева

В лаборатории микроанализа стали активно использовать неdestructивный рентгенофлуоресцентный анализ, ионную хроматографию (кандидат химических наук Анастасия Георгиевна Буяновская, нынешняя заведующая лабораторией), спектрофотометрию, кулонометрию и т. д. Разработаны новые уникальные методики определения нескольких элементов из одной навески (углерода, водорода, золуобразующих элементов, галогенов и серы) на основе классического сжигания в токе кислорода, спектрофотометрического определения бора и фтора после сжигания по Шёнигеру, в том числе в высокофторированных соединениях, низких содержаний хлора с кулонометрическим окончанием и др. Значительную часть времени занимает работа на современных автоматических анализаторах для определения углерода, водорода, азота и серы в широком диапазоне концентраций. Для дипломников и аспирантов ИНЭОС систематически читается курс по современным и классическим методам элементного и функционально органического анализа.

Кандидат химических наук Маргарита Михайловна Бузланова активно разрабатывала новые методики функционального анализа сложных соединений. Была соавтором книги по аналитической химии органических пероксидов [2]. Маргарита Михайловна руководила небольшой группой специального органического анализа.

Широкую известность среди аналитиков приобрел доктор химических наук Вадим Александрович Даванков (1937–2022), долгие годы, более 40 лет, заведующий лабораторией стереохимии сорбционных процессов, лауреат Государственной премии РФ, Заслуженный деятель науки РФ. Вадим Александрович известен как один из создателей хроматографического метода разделения энантиометров, вообще как крупный хроматографист, возглавлявший Научный совет РАН по хроматографии. Известен как основной автор сверхсшитого полистирола – замечательного сорбента, активно используемого и аналитиками [3–6].



Доктор химических наук Вадим Александрович Даванков

Из справочника «Кто есть кто в аналитической химии» [6]: «Область научных интересов В.А. Даванкова: хроматография, методы разделения и концентрирования в аналитической химии. Предложен новый принцип разделения энантиомеров – лигандообменная хроматография на хиральных комплексообразующих сорбентах. Этим методом впервые в жидкостной хроматографии удалось количественно расщепить рацематы соединений многих классов, что положило начало энантиоселективной (хиральной) хроматографии. Предложен принцип синтеза сверхсшитых полимеров стирола, на базе которых создана серия нейтральных полимерных сорбентов нового поколения. Сорбенты обладают уникально высокой сорбционной емкостью по отношению к органическим веществам, находящимся в водных или воздушных средах. Они нашли широкое применение для концентрирования микропримесей, а также в крупномасштабных сорбционных процессах в промышленности.

Приведем рассказ самого В.А. Даванкова об энантиоселективной хроматографии [7]:

«Вопрос: В обзоре “30 лет хиральному лигандному обмену” на английском языке Вы писали, что Вам “стало ясно, что надо улучшать эффективность хроматографии и/или энантиоселективность системы”. Чуть подробнее о Ваших мыслях именно в ту пору.

Ответ: Как я уже говорил, масса народу пытались разделить энантиомеры хроматографическими методами, но лишь удачливые наблюдали частичное расхождение их зон после хроматографической колонки. Чтобы развести их полностью, надо было либо резко их сузить, либо развести подальше друг от друга. Кстати, первый путь был впервые удачно реализован Гиль-Авом с сотр. (Израиль) в 1966 г. Он применил изобретенные к этому времени капиллярные газохроматографические колонки длиной до сотни метров и эффективностью порядка ста тысяч теоретических тарелок. Благодаря такой колоссальной эффективности капиллярной газовой хроматографии на

колонке с хиральной фазой авторам удалось количественно разделить энантиомеры летучих производных ряда аминокислот. В жидкостной хроматографии такая эффективность недостижима. Мне удалось полностью разделить изомеры аминокислот в воде только благодаря колоссальной селективности нового лигандообменного процесса, т. е. благодаря очень большой разнице в энергии сорбции левых и правых изомеров. Газовая хроматография применима только к летучим соединениям, а жидкостная – к любым. Важных нелетучих соединений несравненно больше, поэтому успех энантиоселективной хроматографии был особенно важен.

Впрочем, эффективность жидкостно-хроматографических хиральных систем позже также удалось существенно поднять. В частности, нам удалось превратить в хиральные лигандообменники современные высокоэффективные аналитические обращенно-фазные колонки путем простой адсорбции на них хиральной аминокислоты с длинным углеводородным хвостом при атоме азота. Такие колонки много лет продает американская фирма “Regis” под названием “колонка Даванкова” для скоростного анализа энантиомерного состава аминокислот, оксикислот и многочисленных их производных».

Второе достижение лаборатории В.А. Даванкова еще более значимо. Речь идет, напомним, о получении сверхсшитого полистирола, оказавшегося замечательным, ни на что не похожим сорбентом.

Вот что писали об этом достижении сотрудники лаборатории В.А. Даванкова [8].

«Столь же нетривиальными и плодотворными, как в хроматографии, оказались и предложения В.А. Даванкова в области полимеров. Надо упомянуть, что первоначальный успех лигандообменной хроматографии энантиомеров аминокислот на хиральных сорбентах полистирольного типа был связан не только с использованием этого принципиально нового хроматографического процесса, но и с введением ранее неизвестных полимерных структур. Дело в том, что хиральные сорбенты, полученные на основе стандартного сополимера стирола с дивинилбензолом (ДВБ), не могли обеспечить достаточной эффективности колонок. Хроматографические пики разделенных энантиомеров получались широкими даже при малой скорости потока водного элюента. Причиной тому был медленный межфазный массообмен вследствие крайне малого набухания гидрофобных полистирольных гранул сорбента в водной среде и неспособности привитых аминокислотных групп в форме хелатных комплексов с медью в достаточной степени улучшить ситуацию. В.А. Даванков предложил совершенно неожиданный, т. е. неклассический, путь решения данной проблемы, а именно: надо дать гранулам исходного сополимера стирола с ДВБ сильно набухнуть в хорошем для него растворителе, например дихлорэтане, а затем вставить между полистирольными цепями относительно длинные жесткие распорки. Обрабатываемая при этом жесткая ажурная структура не должна уплотняться даже после удаления из нее дихлорэтана и замены его на воду, а значит, должна оставаться достаточно проницаемой для множества сорбатов, в том числе для обмена лигандов».

При создании ИНЭОС в 1954 г. основатель института академик А.Н. Несмеянов наряду с отделами элементоорганической и полимерной химии ор-

ганизовал в институте крупный физический отдел. Со временем в отделе стали использовать различные виды молекулярной спектроскопии (УФ-видимая спектроскопия, ИК-спектроскопия, спектроскопия комбинационного рассеяния света, ядерный магнитный резонанс, электронный парамагнитный резонанс), масс-спектрометрию, рентгеноструктурный анализ. Необходимо было иметь и эффективно использовать самое современное научное оборудование, которое, как правило, стоит больших денег и для работы на котором необходимы высококвалифицированные специалисты. Это оборудование должно использоваться эффективно и быть доступно всем сотрудникам института. Несмеянов решил эту проблему таким путем: лаборатории физического отдела были обязаны оказывать помощь всем сотрудникам синтетических отделов по их просьбе. При условии выполнения этих задач сотрудники физического отдела имели возможность и необходимость проводить собственные научные исследования. Такие исследования были нужны, чтобы, как говорил А.Н. Несмеянов, «оттачивать свое оружие» и не отставать от современной науки.

Такая система сохранилась в ИНЭОС до настоящего времени. Структура отдела практически осталась прежней. Правда, после переезда в новое здание на улице Вавилова в старом здании осталась, а потом перешла в ИОНХ оптическая лаборатория академика И.В. Обреимова. Вместо нее в 1965 г. была создана лаборатория молекулярной спектроскопии (первый руководитель В.Т. Александян). Естественно, что за годы существования института полностью изменилось оборудование. Например, вместо первого ЯМР-спектрометра (25 МГц) в настоящее время в институте имеется серия спектрометров, работающих на частотах до 600 МГц. Вместо однолучевого ИК-спектрометра появились последовательно двухлучевые дифракционные приборы, которые затем были заменены на фурье-спектрометры. Развитие электроники и компьютерной техники произвело революцию в рентгеноструктурных исследованиях монокристаллов, а сочетание структурных исследований с современными методами компьютерной химии позволило получать в ряде случаев данные о структуре некристаллических образцов. В спектроскопии комбинационного рассеяния появилась возможность измерять спектры микрообразцов.

Лаборатория ядерного магнитного резонанса (первый руководитель Э.И. Федин) была организована в ИНЭОС в 1978 г. на базе группы ЯМР, которая работала в институте начиная с 1961 г., когда в подвале недостроенного нового здания был установлен первый в ИНЭОС швейцарский ЯМР-спектрометр «Трюб-Тойбер» на 25 МГц. В 60-е годы появились спектрометры «Хитачи», «Перкин-Элмер», отечественные спектрометры РЯ-2305 и РЯ-2309, разработанные в ленинградском СКБ по техническим требованиям ИНЭОС. К Международной металлоорганической конференции, проходившей в Москве в 1971 г., в ИНЭОС для пробной эксплуатации был установлен первый в стране фурье ЯМР-спектрометр, на котором была возможность регистрировать спектры не только протона, фтора и фосфора, как на обычных спектрометрах, но и спектры магнитно-активных ядер алюминия, бора, кремния и многих других элементов, что было особенно важно с учетом специфики института, отраженной в его названии. На этом же

приборе П.В. Петровским впервые в мире были зарегистрированы спектры ЯМР⁵⁷Fe на примере производных ферроцена. В дальнейшем появились приборы со сверхпроводящими магнитами. В настоящее время в ИНЭОС работают четыре современных ЯМР спектрометра.

Одним из фундаментальных исследований, сделанных в ИНЭОС с использованием ЯМР-спектроскопии, является открытие металлтропии в металлоорганических производных непереходных и переходных металлов, заключающееся в миграции металлсодержащих группировок между различными центрами в молекуле.



Академик А.Н. Несмеянов обсуждает спектры ЯМР комплексов переходных металлов с Э.И. Фединым (слева) и старшим научным сотрудником ЛЯМР П.В. Петровским (справа)

Литература

1. Гельман Н.Э., Терентьева Е.А., Шанина Т.М., Кипаренко Л.М., Резл В. Методы количественного органического элементного микроанализа. М.: Химия. 1987. 296 с.
2. Антоновский В.Л., Бузланова М.М. Органическая химия органических пероксидных соединений. М.: Химия. 1978. 307 с.
3. Даванков В.А., Рогожин С.В. Хроматографический метод расщепления рацематов оптически активных соединений. Авт. свид. СССР №308635. 1968.
4. Даванков В.А., Рогожин С.В. Хроматография лигандов – новый метод изучения смешанных комплексов. Стереоселективные эффекты в \pm – аминокислотных комплексах меди. Докл. АН СССР. 1970. Т. 193. № 1. С. 94–96.

5. Rogozhin S.V., Davankov V.A. Ligand Chromatography on Asymmetric Complex-Forming Sorbents as a New Method for Resolution of Racemates. *J. Chem. Soc. D; Chem. Commun.* 1971. No. 10. P. 490.

6. Ю.А. Золотов, В.И. Широкова. Кто есть кто в российской аналитической химии. Доктора наук. Изд. 3-е. М.: ЛЕНАНД, 2016. 256 с.

7. Хатымова Л.З., Мазунов В.А., Хатымов Р.В. Отечественная история создания и развития физических методов химии в идеях и лицах. Сообщ. 3. Энантоселективная лигандообменная хроматография. История науки и техники. 2008. № 5. Спецвыпуск № 2. С. 73–86.

8. Павлова Л.А., Курганов А.А. Лаборатория В.А. Даванкова в ИНЭОС РАН: хроматография и не только. Лаборатория и производство. 2022. № 1–2. С. 102–117.

3.9. Институт нефтехимического синтеза имени А.В. Топчиева

Вклад этого широко известного института в аналитическую химию выражается в крупных результатах исследований и разработок в хроматографии (В.Г. Берёзкин, А.А. Курганов, А.Ю. Канатъева и др.), масс-спектрометрии и хромато-масс-спектрометрии (В.Т. Заикин, А.И. Микая, Р.С. Борисов и др.), метрологии химического анализа (В.И. Дворкин) и некоторых других областях. Исторический обзор работ в первых двух областях сделан Р.С. Борисовой и А.Ю. Канатъевой [1], ниже с разрешения авторов использовано содержание их статьи.



Здание Института нефтехимического синтеза им. А.В. Топчиева

Хроматография. Созданной в 1963 г. лабораторией хроматографии почти 40 лет до 2002 г. руководил доктор химических наук Виктор Григорьевич Берёзкин (1931–2021), один из самых известных отечественных хроматографистов. Под его руководством проводились теоретические и прикладные исследования газохроматографического метода. Сотрудниками лаборатории под руководством В.Г. Берёзкина была разработана аддитивная тео-

рия удерживания в газожидкостной хроматографии, которая учитывала не только распределение сорбатов в системе газ – неподвижная жидкая фаза, но и адсорбцию на поверхностях раздела фаз. Согласно аддитивной теории, хроматографический процесс в газожидкостной хроматографии (ГЖХ) необходимо рассматривать с точки зрения равновесия между тремя компонентами: газ – неподвижная жидкая фаза (НЖФ) – твердый носитель, считая неподвижную фазу компонентом многокомпонентной многофазной системы. Была предложена равновесная теория для относительных величин удерживания, которые практически не зависят от условий эксперимента и могут рассматриваться как хроматографические константы, а также предложены методы определения этих величин. Развитие представлений об адсорбционных явлениях в ГЖХ продолжилось и в дальнейших работах лаборатории: была подробно рассмотрена адсорбция на границе НЖФ – твердый носитель, проведено экспериментальное построение изотерм адсорбции, определение теплот адсорбции, а существование сорбционных явлений на границе между жидкой фазой и твердым носителем было подтверждено независимыми, нехроматографическими методами. Были выведены уравнения, описывающие одновременную аб- и адсорбцию аналита на реальном сорбенте и проверено их согласование с практикой, рассмотрено влияние сорбции аналита на межфазных границах на относительные величины удерживания, подробно изучены адсорбционные явления на межфазных границах в только входивших в практику капиллярных колонках. А.А. Королев выполнил экспериментальные работы, доказавшие важную роль адсорбционных явлений в капиллярной жидкостной хроматографии.

Большое внимание в лаборатории уделялось и развитию высокоэффективной капиллярной газовой хроматографии. Были предложены методы получения капиллярных колонок с очень высокой удельной эффективностью, которые были внедрены в практику. Работы 1970 гг. можно разделить на три направления: исследование полимеров и непосредственно связанное с ним развитие метода обращенной газовой хроматографии, разработка теории реакционной ГХ и разработка газохроматографических методик для определения различных веществ. Было изучено изменение хроматографических свойств различных сорбентов при повышенной температуре, изучен процесс старения капиллярных колонок и влияние его на получаемые результаты. Были опубликованы работы, посвященные расчету времен удерживания олефинов в газожидкостной хроматографии, анализу газообразных смесей, содержащих оксиды азота, определению легколетучих примесей в фармацевтических препаратах, а также примесей в изопрене, идентификации продуктов синтеза витаминов на основе характеристик удерживания. Большая серия работ была посвящена применению хроматографии в нефтехимии. Проведенные исследования позволили значительно расширить возможности применения хроматографического метода и продемонстрировали широкие перспективы его внедрения в аналитическую практику.



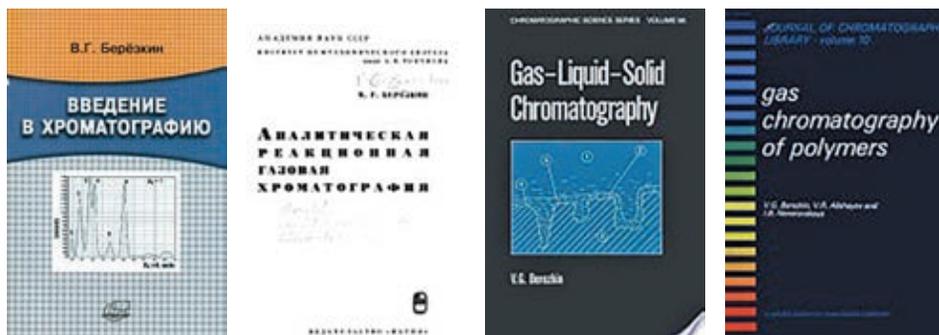
Доктор химических наук Виктор Григорьевич Берёзкин

Важным направлением работы лаборатории стало развитие приборного обеспечения хроматографического метода. Впервые в нашей стране сотрудниками лаборатории хроматографии совместно со специалистами Научно-исследовательского института электровакуумного стекла были разработаны гибкие инертные высокоэффективные кварцевые капиллярные колонки, было предложено устройство для заполнения таких колонок. В 1976 г. были опубликованы результаты работ по приготовлению медных и латунных колонок для газовой хроматографии, а затем и работы, посвященные исследованию свойств заполненных сорбентом капиллярных колонок в газовой хроматографии.

В 1980–1990 гг. в лаборатории разрабатывалась тематика, связанная с тонкослойной хроматографией, ГЖХ с использованием паров воды в составе подвижной фазы (парофазная хроматография), продолжались работы в области теории хроматографического приборостроения. В.Г. Берёзкин и С.Л. Болотов опубликовали цикл работ по тонкослойной хроматографии с малолетучими подвижными фазами, где исследованы особенности течения высококипящих подвижных фаз, влияние температуры на характеристики удерживания в такой системе. Рассматривались возможности применения ТСХ для концентрирования малолетучих минорных органических соединений, показана возможность концентрирования примесей тяжелых металлов в воде. В работах сотрудников лаборатории предложено использовать кристаллогидраты в качестве неподвижных фаз в газовой хроматографии, а также водные растворы неорганических соединений, например гидроксид калия, в качестве подвижной фазы в парофазной хроматографии. Использование неподвижных фаз этого типа позволило проводить высокоэффективные разделения органических соединений, в частности аминов.

Виктор Григорьевич Берёзкин проработал в Академии наук 63 года, был лауреатом Государственной премии СССР (1982), принимал участие в работе редколлегий «Журнала аналитической химии», журналов «Завод-

ская лаборатория», *Journal of Chromatography A*, *Journal of High Resolution Chromatography* and *Chromatography Communications*, *Petroleum and Coal*. В.Г. Берёзкин – автор большого числа монографий (см., например, [2-6]), а также брошюр и статей по общим вопросам хроматографии – по ее истории, методологии, терминологии. Он многое сделал также для пропаганды метода, активно способствовал переводу на русский язык лучших зарубежных книг о хроматографии.



Некоторые из книг В.Г. Берёзкина

В 2002 г. заведующим лабораторией стал доктор химических наук Александр Александрович Курганов. В течение последующих лет в лаборатории активно проводились исследования монокристаллических сорбентов для газовой и жидкостной хроматографии. Монокристаллические колонки в жидкостной хроматографии, в отличие от традиционных заполненных гранулированным сорбентом, обладают уникальной морфологией стационарной фазы: размер транспортных пор в структуре монолита не зависит от размера доменных частиц полимера, определяющих эффективность разделения, поэтому монокристаллические сорбенты в жидкостной хроматографии дают возможность получать высокоэффективные колонки, содержащие мелкие частицы, которые в то же время не требуют для своей работы применения высоких давлений. Активно проводилось исследование физико-химических свойств монокристаллических капиллярных колонок в зависимости от условий их получения, что позволило выявить закономерности формирования структуры сорбентов, необходимой для достижения быстрых и высокоэффективных разделений.

Исследованы физико-химические параметры ионных и неионных монокристаллических матриц и капиллярных колонок на их основе и предложен метод получения высокоэффективных монокристаллических ионообменных капиллярных колонок с оптимальной структурой монолита для ионной хроматографии. Показано, что пористость, проницаемость монолитов и импеданс колонок в первую очередь определяются условиями синтеза. Под руководством А.А. Курганова приготовлены монокристаллические капиллярные колонки на основе полярных и неполярных мономеров, пористая структура которых позволила проводить молекулярно-массовый анализ полимерных образцов в широком диапазоне молекулярных масс с высоким разрешением с использованием несорбционного механизма. С использованием приготовленных сорбентов удалось реализовать разделение полимеров методом эксклюзионно-гидро-

динамической хроматографии и продемонстрировать использование этого метода для определения молекулярно-массовых характеристик полимеров. Изменения профиля элюирования полимеров могут быть описаны в рамках модели реакционной хроматографии, при условии рассмотрения конформационного перехода как обратимой химической реакции. Применение этого подхода позволило определить условия анализа молекулярно-массового распределения синтетических полимеров сверхвысокой молекулярной массы хроматографическими методами. Два десятка сделанных в лаборатории изобретений были внедрены в аналитическую практику.



Доктор химических наук Александр Александрович Курганов

Доктор химических наук Александр Александрович Курганов, работавший ранее с В.А. Даванковым в области энантиоселективной лигандообменной хроматографии, возглавлял лабораторию почти 20 лет. Им предложены методы скоростного определения биоактивных соединений на непористых монодисперсных сорбентах, новые типы сорбентов для высокоэффективной жидкостной хроматографии на основе пористых оксидов титана и циркония. В газовой хроматографии дана теоретически обоснованная интерпретация понятия исправленного объема удерживания, позволяющая избежать противоречий, свойственных традиционной интерпретации этого понятия, предложен новый тип капиллярных хроматографических колонок – монолитные колонки и на их основе разработаны методы скоростной газовой хроматографии высокого давления. Проведен теоретический анализ процесса оптимизации давления для ГХ высокого давления, получены теоретические соотношения, описывающие изменения высоты, эквивалентной теоретической тарелке, от величины входного и выходного давлений и показана продуктивность процесса оптимизации для повышения эффективности монолитных колонок.

Некоторое время назад лаборатория хроматографии была объединена со спектральной лабораторией и стала группой. Руководит группой кандидат

химических наук Анастасия Юрьевна Канатьева, А.А. Курганов и А.Ю. Канатьева являются членами Комиссии по хроматографии Научного совета РАН по аналитической химии. Александр Александрович Курганов является членом редколлегии журналов Journal of Separation Science, Journal of Pharmaceutical Analysis.

Масс-спектрометрия. В 1943 г. в институте была создана лаборатория физико-химических методов (заведующие М.М. Кусаков, затем А.Ю. Кожевник), изучавшая и применявшая в основном спектроскопические методы. С середины 1970 гг. было начато использование масс-спектрометрии; в 1983 г. лаборатория получила название лаборатории спектральных исследований, ее заведующим стал доктор химических наук Владимир Георгиевич Заикин. В настоящее время лаборатория оснащена масс-спектрометрами с одномерным и двумерным газохроматографическим вводом, масс-спектрометром МАЛДИ, различными системами ВЭЖХ. Эти приборы позволяют решать задачи анализа получаемых в институте продуктов переработки нефти и синтеза высокомолекулярных соединений, а также сырья для соответствующих процессов. Лаборатория активно ведет и собственную научную работу, направленную на развитие новых подходов к более эффективному использованию «мягких» ионизационных методов в масс-спектрометрии, изучение возможности применения двумерной газовой хроматографии/спектрометрии для решения разнообразных задач.

Ниже дан подробный исторический очерк работ лаборатории в области масс-спектрометрии (как уже сказано, по статье [1]).

В первые десятилетия существования лаборатории основная часть исследований и аналитических работ выполнялась с помощью спектроскопических методов – колебательной и электронной спектроскопии, спектроскопии ЯМР. В частности, были разработаны подходы к определению структурно-группового состава нефтяных фракций, особенно тяжелых остаточных фракций, с использованием спектроскопии ЯМР на ядрах ^1H и ^{13}C (определение числа ароматических, нафтеновых и алифатических атомов углерода, распределение углерода по моно-, би- и полициклическим соединениям, характер разветвления в алифатических цепях). Методом ИК-спектроскопии было изучено старение практически важных полимерных систем. С использованием методов квантовой химии интерпретированы матричные ИК-спектры нестабильных интермедиатов пиролиза напряженных кремнийорганических гетероциклов.

С приходом в лабораторию к.х.н. В.Г. Заикина в начале 1970 г. были начаты широкие масс-спектрометрические и хромато-масс-спектрометрические исследования органических соединений и их смесей, имеющих прямое отношение к нефти, продуктам ее превращений и нефтехимического синтеза. Наряду с многочисленными работами по собственно анализу проводились методические исследования. Так, в результате систематического масс-спектрометрического исследования стереоизомеров в ряду циклических углеводородов и гетероциклических соединений сформулированы закономерности, обуславливающие стереоспецифичность фрагментации при ионизации электронами.

В конце 1970-х гг. в лабораторию пришел высококвалифицированный специалист в области органической химии к.х.н. А.И. Микая, который

начал разработку принципиально новой разновидности комбинированного метода газовой хроматографии/масс-спектрометрии, названной «реакционной ГХ/МС». Метод этот основан на включении химического или физико-химического превращения аналитов непосредственно в системе ввода хромато-масс-спектрометра с использованием газофазных реакций. Метод получился гораздо менее времязатратным по сравнению с проведением подобных предварительных реакций в растворе и позволял оперировать с субмикrogramмовыми количествами аналитов. При этом регистрируются масс-спектры продуктов превращения, содержащих дополнительную информацию о структуре модифицируемых аналитов. Для химического превращения удобно применять реакции гидрирования, дегидрирования, окисления, обменные реакции, включая H/D обмен. Эти реакции осуществляются в инжекторе газового хроматографа, в газофазном микрореакторе, размещенном перед хроматографической колонкой или между колонкой и масс-спектрометром, а также непосредственно в колонке. Эффективность подхода была продемонстрирована на примере обнаружения и определения олефинов, малых карбоциклов, нафтеновых углеводородов, спиртов, циклических сульфидов. Комплекс отмеченных исследований лег в основу докторской диссертации А.И. Микая.

В начале 1990-х гг. под руководством В.Г. Заикина и Н.А. Платэ были начаты исследования по использованию пиролизической ГХ/МС с включением импульсных пиролизеров для определения микроструктуры полимеров. Различные элементы бутадиена полимеров определялись при математической обработке хроматографических и масс-спектрометрических данных и по выходу разнообразных диадных, триадных, тетрадных продуктов пиролиза.



Доктор химических наук Владимир Георгиевич Заикин

В 1992 г. А.И. Микая был приглашен на работу в Национальный институт стандартов и технологий США для усовершенствования масс-спектральной

базы NIST/EPA/NIH. К этим исследованиям на контрактной основе подключились и сотрудники лаборатории. В ходе исследований, проводимых под руководством В.Г. Заикина, были разработаны новые дериватизирующие агенты (например, хлорангидриды циклоалканкарбоновых кислот), получены масс-спектры ионизации электронами новых соединений, которые значительно увеличили объем базы. С использованием общих теоретических представлений, эмпирических масс-спектральных правил и разнообразного компьютерного сопровождения проведена «ручная» оценка качества каждого спектра в базе, их необходимая корректировка или исключение некорректных масс-спектров. В результате более чем двадцатилетнего сотрудничества с американскими учеными удалось существенно усовершенствовать и значительно расширить базу масс-спектров, ставшую наиболее популярной. В процессе исследований совместно с американскими учеными были обнаружены новые неожиданные процессы диссоциации, которые могут быть полезны при интерпретации новых масс-спектров соединений, синтезируемых или обнаруживаемых.

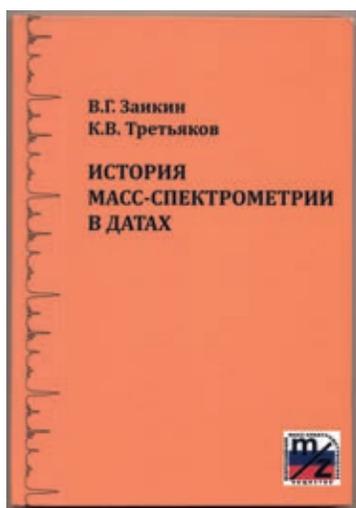
С начала 2000 г. в систематические исследования включился Р.С. Борисов. В последующем он предложил заняться исследованиями в области использования дериватизационных принципов в масс-спектрометрии с «мягкими» методами ионизации – матрично-активированной лазерной десорбции/ионизации (МАЛДИ), ионизации электрораспылением (ИЭР), прямым анализом в реальном времени (DART). Метод МАЛДИ, в том числе в тандемном варианте (разложение после источника), был применен к характеристике полиамидов (молекулярно-массовое распределение, последовательность звеньев, природа концевых групп). Для случая этих исследований, а также силесквиоксанов показана эффективность предварительной дериватизации (силилирование, ацилирование, алкилирование). Для определения числа свободных аминогрупп в полиэтиленiminaх было предложено использовать реакцию с альдегидами, ведущую к образованию оснований Шиффа, которые обладают высокой эффективностью ионизации.

Разработаны приемы химической модификации с введением фиксированного ковалентно-связанного заряда при обнаружении и определении различных соединений в смесях названными масс-спектрометрическими методами. Одна из первых работ в этом направлении была посвящена созданию высокочувствительного и экспрессного метода характеристики и определения молекулярно-массового распределения полиэтиленов с терминальными атомами галогена методом МАЛДИ. Предварительная дериватизация этих субстратов триарилфосфинами, триалкиламинами и некоторыми N-гетероаренами позволила количественно синтезировать соответствующие ониевые соли, катионные части которых легко десорбировались в условиях МАЛДИ, обеспечивая регистрацию высококачественных масс-спектров.

Этот принцип химической модификации назван Р.С. Борисовым и В.Г. Заикиным «дериватизация с генерацией заряда», он был положен в основу серии исследований по разработке и испытанию различных реагентов, обеспечивающих этот тип превращений для масс-спектрометрии с МАЛДИ, ИЭР, DART. Очень важной была разработка химической модификации этого типа с использованием бифункциональных реагентов, один

конец молекул которых содержал группу, обеспечивающую взаимодействие с конкретной функциональной группой аналита, а другой являлся мишенью для генерации заряда с образованием аммониевых, фосфониевых, сульфониевых солей. Результаты показали, что предложенные дериватизационные подходы позволяют существенно увеличить выход ионов. Было обнаружено, что такая модификация может протекать и непосредственно в источнике ионов масс-спектрометра DART, давая возможность разрабатывать исключительно экспрессные методы анализа.

Лаборатория активно принимает участие в работе Всероссийского масс-спектрометрического общества (ВМСО). Почетный член ВМСО В.Г. Заикин стоял у истоков этой организации и с момента организации печатного органа ВМСО журнала «Масс-спектрометрия» является его бессменным главным редактором. В.Г. Заикин и Р.С. Борисов избирались президентами ВМСО, а также входят в состав его совета. В.Г. Заикин и К.В. Третьяков написали хорошую книгу об истории масс-спектрометрии [7].



Книга В.Г. Заикина и К.В. Третьякова

Другие исследования. Доктор химических наук Владимир Ильич Дворкин, заведовавший (1998–2017) аналитической лабораторией института, известен обобщающими работами в области метрологии и обработки результатов химического анализа. Владимир Ильич применил в аналитической химии метод ковариационного анализа.



Доктор химических наук Владимир Ильич Дворкин

Он автор книг по метрологии анализа [8]. Дворкин – один из наиболее активных членов Ассоциации аналитических центров «Аналитика».

Литература

1. *Борисов Р.С., Канатьева А.Ю.* Лаборатория спектральных и хроматографических исследований Института нефтехимического синтеза им. А.В. Топчиева РАН. Журн. аналит. химии. 2022. Т. 77. № 6. С. 576–582.
2. *Берёзкин В.Г.* Аналитическая реакционная газовая хроматография. М.: Наука. 1966. 184 с.
3. *Берёзкин В.Г., Алишоев В.Р., Немировская И.Б.* Газовая хроматография в химии полимеров. М.: Наука. 1975. 287 с.
4. *Берёзкин В.Г.* Введение в хроматографию. М.: Научный мир. 2016. 96 с.
5. *Берёзкин В.Г., Пахомов В.П., Сакодынский К.И.* Твердые носители в газовой хроматографии. М.: Наука. 1975. 200 с.
6. *Берёзкин В.Г., Бочков А.С.* Количественная тонкослойная хроматография. М.: Наука. 1980. 183 с.
7. *Заикин В.Г., Третьяков К.В.* История масс-спектрометрии в датах. М.: ВМСО. 2018. 200 с.
8. *Дворкин В.И.* Метрология и обеспечение качества химического анализа. М.: Изд-во МИТХТ. 2014. 423 с.

3.10. Институт физической химии и электрохимии имени А.Н. Фрумкина

Результаты исследований в области хроматографии и хромато-масс-спектрометрии, организационная деятельность в сфере хроматографии, некоторые электрохимические работы Института электрохимии, вошедшего в состав ИФХЭ, – все это важный вклад в российскую (советскую) аналитическую химию.



Здание Института физической химии и электрохимии им. А.Н. Фрумкина

История лаборатории физико-химических основ хроматографии и хромато-масс-спектрометрии (нынешнее название) освещена С.А. Боровиковой и Л.Н. Коломиец [1]. Лаборатория хроматографии была создана в Институте физической химии в 1950 г. в соответствии с распоряжением Совета Министров СССР № 8402 от 10 июня 1949 г. Ее возглавил доктор химических наук Константин Васильевич Чмутов (1902–1979), специалист по сорбционным явлениям, впоследствии (1953 г.) член-корреспондент АН СССР. Ему активно помогала Татьяна Борисовна Гапон. Под руководством К.В. Чмутова были изучены многие особенности статистики, динамики и кинетики ионообменной (а также молекулярной) сорбции на цеолитах и синтетических ионитах. В 1953 г. была создана Комиссия по хроматографии АН СССР (переименованная позднее в научный совет) во главе с К.В. Чмутовым, и таким образом лаборатория стала базой комиссии, одна из задач которой была подготовка квалифицированных кадров по хроматографии. Институт и базирующийся на нем научный совет сыграли очень важную роль в развитии работ по хроматографии в стране: созыву конференций, симпозиумов, организации международных связей, подготовке книг и т. д.

В 1953 г. вышла книга «Хроматография в биологии» Т.Б. Гапон, В.В. Рачинский – первое учебное пособие по хроматографии. В 1960 г. вышел учебник А.М. Гурвич и Т.Б. Гапон «Хроматография, ее теория и применение».



Член-корреспондент АН СССР Константин Васильевич Чмутов

В трудах Комиссии по аналитической химии АН СССР, изданных в 1955 г., есть раздел «Ионообменная хроматография», редактором которого была ст. н.с. Т.Б. Гапон. В разделе представлена работа сотрудников лаборатории С.А. Александровой, Т.Б. Гапон, Н.В. Филатовой и К.В. Чмутова. В это время Т.Б. Гапон руководила научной группой, которая разработала новый вариант хроматографического метода – адсорбционно-комплексобразовательный. На него были получены ряд авторских свидетельств, и он был внедрен в производственные лаборатории.

К.В. Чмутов уделял большое внимание развитию хроматографического приборостроения. В Научном совете по хроматографии была организована секция по приборостроению, которая курировала вопросы разработок, производства и внедрения хроматографических методов в аналитическую практику и контроль производственных процессов. Тогдашнее состояние отечественного приборостроения для хроматографии отразила книга К.В. Чмутова «Автоматические приборы в колоночном хроматографическом анализе», вышедшая в 1961 г. В 1962 г. К.В. Чмутовым было подготовлено научно-популярное издание «Хроматография». Целью книги было познакомить широкую аудиторию с состоянием теории и практики хроматографии, а также представить список литературы для более глубокого изучения.

В 1974 г. в институте был образован отдел хроматографии под руководством О.Г. Ларионова, в который вошли, кроме лаборатории хроматографии, лаборатория хроматографии радиоактивных элементов под руководством П.П. Назарова. В это время важность приобрели исследования А.В. Киселева и О.Г. Ларионова, позднее А. И. Калиничева в области теории хроматографических процессов. В 1984 г. к лаборатории О.Г. Ларионова присоединились сотрудники группы безвременно ушедшего из жизни А.В. Киселёва. С их приходом существенно расширилась научная деятельность лаборатории, помимо работ в области жидкостной хроматографии активно стали вестись исследования по газо-адсорбционной хроматографии, включая работы на полимерных сорбентах, ГТС, силохромах и BaSO_4 .

Объединение с группой сотрудников А.В. Киселёва повлекло за собой изменение названия лаборатории, которая стала называться лабораторией физико-химических основ хроматографии. В 1989 г. прошла реорганизация института, отдел хроматографии был разделен на три лаборатории: лаборатория физико-химических основ хроматографии, заведующим которой остался д.х.н. О.Г. Ларионов, лаборатория хроматографии радиоактивных элементов (П.П. Назаров) и лаборатория препаративной хроматографии во главе с д.х.н. А.И. Калининцевым.

В 1979–2013 гг. научным советом руководил Олег Георгиевич Ларионов. В этот период было проведено около 30 всесоюзных конференций и симпозиумов по ионному обмену, жидкостной и газовой хроматографии, хроматографическому приборостроению, по применению хроматографии в промышленности, в биологии и медицине, по анализу неорганических газов, по сорбентам, селективным мембранам, по аналитической химии органических соединений, а также ряд всесоюзных и республиканских семинаров совместно с представителями зарубежных фирм. Усилиями секции по хроматографическим приборам научного совета к концу 1980 гг. было налажено массовое производство хроматографов на нескольких площадках: кроме ДОКБА НПО «Химавтоматика» (который разрабатывал и производил все виды хроматографов), производство жидкостных было налажено в ПО «Научприбор» (г. Орел), НТО АН (г. Ленинград), СКБ АН ЭССР (г. Таллин), ОКБА (г. Йошкар-Ола).

В 2004 г. лаборатория физико-химических основ хроматографии пополнилась масс-спектрометристами из лаборатории спектроскопии. Одним из них был д.х.н. Алексей Константинович Буряк (с 2019 г. член-корреспондент РАН), который стал заведующим новой объединенной лаборатории физико-химических основ хроматографии и хромато-масс-спектрометрии.



Член-корреспондент РАН Алексей Константинович Буряк



Книги по хроматографии 2003 и 2012 гг.

Нынешнее состояние исследовательских работ лаборатории физико-химических основ хроматографии и хромато-масс-спектрометрии охарактеризовано в упомянутой статье [1]; приводим фрагмент статьи (с небольшими купюрами).

«В настоящее время в лаборатории... ведутся исследования по разработке методов нецелевого анализа. Для идентификации используют сочетание методов вычислительной химии, хемоинформатики и экспериментальных хромато-масс-спектрометрических методов. Разработаны наиболее точные в мире методы предсказания газо-хроматографических индексов удерживания на основании структуры аналита. Один из методов основан на современных методах искусственного интеллекта (глубоких сверхточных нейронных сетях) и позволяет предсказать индекс удерживания для газо-жидкостной хроматографии (полярные и неполярные жидкие неподвижные фазы). Другой подход основан на непосредственном моделировании адсорбции молекул на поверхности углеродного сорбента (газо-адсорбционная хроматография) и является прямым продолжением работ А.В. Киселева. В последние годы разработан вариант молекулярно-статистического метода с учетом внутреннего вращения, позволяющий предсказывать удерживание на графитированной термической саже для конформационно нежестких молекул. Разработан новый подход для применения индексов удерживания (предсказанных или содержащихся в базе данных) для идентификации с помощью масс-спектральных баз данных...

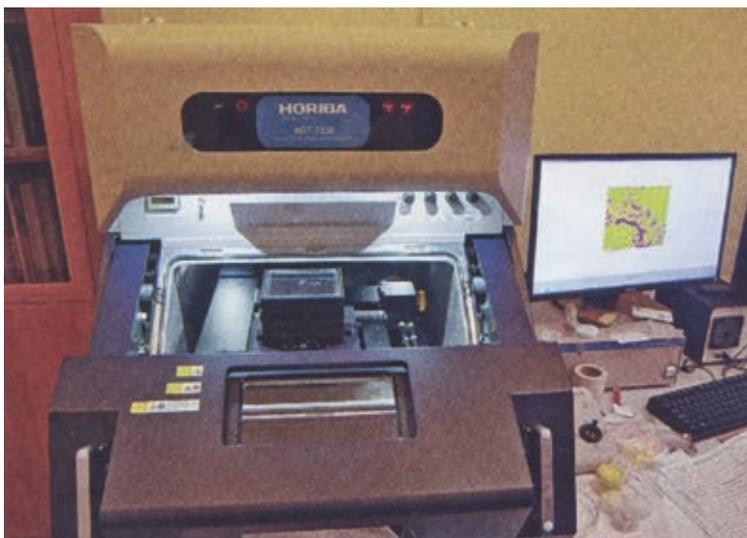
Открыты своеобразные закономерности удерживания изомерных пептидов на углеродных сорбентах и показана возможность применения этих закономерностей для анализа биологически важных объектов.

Основное внимание А.К. Буряк и его сотрудники уделяют разработке физико-химических основ использования различных вариантов хромато-масс-спектрометрии при решении задач ракетно-космической отрасли. Разработаны методы исследования состава ракетных топлив, поверхностей конструкционных материалов и объектов окружающей среды, подвергшихся воздействию негативных последствий ракетно-космической деятельности.

Выполнены работы, имеющие большое значение для минимизации экологического ущерба от деятельности ракетно-космической отрасли. Многие работы посвящены обнаружению токсичных соединений, образующихся в ходе использования ракетных топлив...»

Из работ бывшего Института электрохимии следует упомянуть теоретические исследования в области полярографии (А.Н. Фрумкин, Т.А. Крюкова). Д.х.н. Татьяна Александровна Крюкова была соавтором известной в свое время книги «Полярографический анализ» [2].

В институте функционирует Центр коллективного пользования физическими методами исследования (ЦКП ФМИ), руководитель центра – академик А.Ю. Цивадзе, заместитель руководителя д.х.н. А.А. Ширяев.



Рентгенофлуоресцентный аналитический микроскоп XGT-7200 (Horiba Scientific, Япония)/

Из аналитических методов в центре представлена масс-спектрометрия с ИСП, масс-спектрометрия МАЛДИ, хромато-масс-спектрометрия, жидкостная хроматография, различные варианты абсорбционной спектроскопии, рамановская спектроскопия и др.

Литература

1. *Боровикова С.А., Коломиец Л.Н.* Научная и организационная деятельность лаборатории хроматографии Института физической химии с момента ее образования. Сорбционные и хроматографические процессы. 2020. Т. 20. № 3. С. 408–416.

2. *Крюкова Т.А., Синякова С.И., Арефьева Т.В.* Полярографический анализ. М.: Госхимиздат. 1959. 172 с.

3.11. Институт химической физики имени Н.Н. Семенова

Официальное (нынешнее) название этого известного научного учреждения – Федеральный исследовательский центр химической физики РАН. К аналитической химии относятся работы института в области масс-спектрометрии, критической хроматографии полимеров, хемометрики и некоторые другие.



Здание Института химической физики им. Н.Н. Семенова

Масс-спектрометрия. Надо оговориться, что очень существенный вклад в масс-спектрометрию, ассоциированный с брендом «Институт химической физики» [1], довольно трудно разделить между нынешними учреждениями, ставшими результатом деления ИХФ, начиная с 1980-х гг., собственно Институтом химической физики и Институтом энергетических проблем химической физики. Однако выбранная авторами книги ее структура требует, чтобы мы попытались это сделать.

Еще в 1952 г. сотрудники Института химической физики В.Л. Тальрозе и А.К. Любимова наблюдали сигнал катиона CH_5^+ , названного позже мето-нием, в источнике с электронной ионизацией при повышенном давлении метана в ионизационной камере [2]. Это наблюдение впоследствии было признано весьма важным и считается первым наблюдением ионно-молекулярных реакций в органических соединениях, неслучайно *Journal of Mass Spectrometry* через много лет (в 1998 г.) перепечатал статью [2] как имевшую большое историческое значение. В 1966 г. М. Мансон и Ф. Филд создали соответствующий источник и применили открытые Тальрозе и Любимовой ионно-молекулярные реакции для аналитических целей (не зная о работе из ИХФ), назвав метод химической ионизацией. Ионизация с применением ионно-молекулярных реакций получила широкое распространение как один из способов ионизации без разрушения молекул. Имя члена-корреспондента АН СССР Виктора Львовича Тальрозе (1922– 2004) вошло в историю масс-спектрометрии.



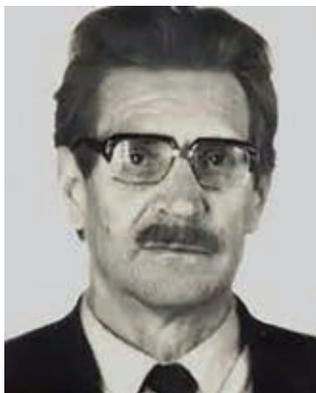
Член-корреспондент АН СССР Виктор Львович Тальрозе

Сотрудник ИХФ Георгий Дмитриевич Танцырев – один из создателей масс-спектрометрического метода с ионизацией бомбардировкой быстрыми атомами (ББА). Работы об этом методе (вместе с Е.Н. Николаевым) он опубликовал в 1971–1973 гг. В своем обзоре 1985 г. Танцырев отметил, что им с Е.Н. Николаевым в 1972 г. был предложен механизм образования распыленных веществ, основанный на «концепции локального разогрева поверхности мишени, которая в настоящее время стала общепринятой». Он также писал, что вместе с Е.Н. Николаевым им «впервые эмиссия ионных кластеров на протоне типа $\text{H}^+ (\text{H}_2\text{O})_n$ [при] $n \leq 50$ была обнаружена при бомбардировке льда».

В том же обзоре Танцырев так характеризует метод ББА: «Бомбардировкой быстрыми атомами могут быть ионизированы вещества с любой молекулярной массой. Этот способ дает возможность получать как осколочные, так и квазимолекулярные положительные ионы.

Метод позволяет производить не только идентификацию индивидуальных веществ, но и определять состав твердых и жидких образцов, а в некоторых случаях и их надмолекулярную структуру. ИБА может быть сравнительно легко реализована на масс-спектрометре любого типа».

Подробно история создания метода бомбардировки быстрыми атомами изложена в статье [3].



Доктор физико-математических наук Георгий Дмитриевич Танцырев

Самое высокое разрешение в масс-спектрометрии достигается при использовании ионного циклотронного резонанса, в ИХФ (ИЭПХФ) – трудами члена-корреспондента РАН Евгения Николаевича Николаева (см. об этом раздел о ИЭПХФ РАН).

О работах В.В. Резникова также см. раздел об ИЭПХФ РАН.

Хроматография полимеров. Доктор физико-математических наук Александр Владимирович Горшков при участии доктора химических наук Виктора Викторовича Евреинова внес значительный вклад в изучение хроматографического поведения макромолекул синтетических полимеров, характера мономеров и их последовательности в цепи полимера. Эта группа разработала так называемую критическую хроматографию полимеров [4].

Метод пригоден для решения задач, связанных и с природными полимерами, например задач протеомики [5].



Одна из статей А.В. Горшкова и В.В. Евреинова о критической хроматографии

Хеометрика. Исследования в области хеометрики проводят доктора физико-математических наук Алексей Леонидович Померанцев и Оксана

Евгеньевна Родионова. Оба они – активные пропагандисты методов обработки многомерных данных, инициаторы создания Российского хемометрического общества, зимних симпозиумов по хемометрике.

А.Л. Померанцев и О.Е. Родионова – члены Научного совета РАН по аналитической химии.



На одной из Зимних школ по хемометрике.

Литература

1. Николаев Е.Н. Роль ИФХ (ИЭПХФ) РАН в становлении современной масс-спектрометрии. История науки и техники. 2017. № 3. С. 38–50.
2. Тальрозе В.Л., Любимова А.К. Вторичные процессы в ионных источниках масс-спектрометра. Доклады АН СССР. 1952. Т. 33. С. 955.
3. Хатымова Л.З., Мазунов В.А., Хатымов Р.В. Отечественная история создания и развития физических методов химии в идеях и лицах. Сообщ. 2. Масс-спектрометрия с ионизацией быстрыми атомами (ИБА). История науки и техники. 2008. № 3, спец. выпуск. С. 56–63.
4. Горшков А.В., Евреинов В.В. Критическая хроматография. Метод анализа полимеров. Журн. аналит. химии. 2009. Т. 64. № 10. С. 1022–1027.
5. Горшков А.В., Евреинов В.В., Тарасова И.А., Горшков М.В. О применимости концепции критической хроматографии к задачам протеомики. Зависимость времени удерживания от последовательности аминокислотных остатков в цепи. Высокомолекулярные соединения. Сер. Б. 2007. Т. 49. № 4. С. 732–749.

3.12. Институт энергетических проблем химической физики имени В.Л. Тальрозе

Институт был образован в 1987 г. путем выделения из Института химической физики. В настоящее время он как бы вернулся под материнский кров – является обособленным подразделением Федерального исследовательского центра (ФИЦ) химической физики им. Н.Н. Семенова.



Здание Института энергетических проблем химической физики им. В.Л. Тальрозе

Основной вклад института в аналитическую химию – очень успешное развитие масс-спектрометрического метода. Однако, как уже говорилось выше, трудно разделять эти достижения между институтами (ИХФ, ИЭПХФ), масс-спектрометрией занимались приблизительно те же специалисты, часто в одном и том же здании, но вывески на здании менялись. Мы попробовали назвать здесь работы, выполненные в основном после 1987 года – года предпоследней смены вывесок.



Доктор химических наук Александр Федорович Додонов

В Черноголовской части института А.Ф. Додонов с сотрудниками предложил так называемый ортогональный ввод в масс-спектрометры. Подробно об этом написал Е.Н. Николаев [1]. Сказав о масс-рефлектроне Б.А. Мамырина, Евгений Николаевич далее пишет (приводим отрывок из текста, с купюрами):

«Созданный прибор обладал высокой разрешающей способностью и чувствительностью, быстродействием и неограниченным диапазоном измеряемых масс. Благодаря уникальным аналитическим характеристикам масс-рефлектроны нашли широчайшее применение. Однако это произошло в значительной степени благодаря сделанному в ИХФ открытию во время-пролетной масс-спектрометрии, так называемому ортогональному вводу. Группа Александра Федоровича Додонова решила использовать масс-рефлектрон Мамырина в создаваемом ими приборе, реализующем новый метод ионизации – электроспрей. Образующиеся ионы имеют большой разброс по кинетическим энергиям, который собирались убрать масс-рефлектроном. Рассуждая о том, как позиционировать источник электроспрея по отношению к времяпролетному масс-спектрометру, они нашли, что наиболее приемлемым является вариант расположения источника таким образом, чтобы ионы, образующиеся в электроспрее, выталкивались электрическим полем не по ходу движения, а перпендикулярно траектории своего полета. При такой конфигурации разброс по энергиям вдоль направления электроспрея не оказывал влияния на разрешение масс-спектрометра, а важен был только разброс по энергиям в перпендикулярном к спрею направлении, который был на порядок величины меньше первого. Таким образом, впервые удалось получить на времяпролетном масс-спектрометре масс-спектры высокого разрешения ионов, получаемых электроспреем. Это решение оказалось столь удачным, что его подхватили несколько приборостроительных фирм, которые и создали на основе этой идеи широко востребованные времяпролетные спектрометры, и этот метод получил название ортогонального ввода. Группа Додонова запатентовала метод и изготовила несколько таких приборов. Стажировавший в группе Анатолий Вереников вывез идею и технические решения в Канаду и создал прибор в лаборатории Стеннинга, откуда он перешел на фирму Sciex. В настоящее время такие приборы кроме Sciex производят фирмы Bruker, Agilent, Thermo, Waters, Perkin Elmer и другие».

Далее – и это весьма существенно – исследования в области масс-спектрометрии ионного циклотронного резонанса (ИЦР) с преобразованием Фурье, осуществляемые под руководством д.ф.-м.н., члена-корреспондента РАН Евгения Николаевича Николаева [1, 2]. Этот метод обеспечивает наивысшую для масс-спектрометрии разрешающую способность, позволяет исключительно точно определять массы ионов. Были осуществлены значительные технические решения (создание нового вида ловушки для ИЦР – измерительной ячейки спектрометра и др.). Ряд таких решений был воплощен фирмой «Брукер» в выпускаемых ею приборах. В последние годы коллективы, возглавляемые Е.Н. Николаевым, используют ИЦР для решения различных медико-биологических задач («омиксы»).



Член-корреспондент РАН Евгений Николаевич Николаев

Справка о Е.Н. Николаеве [3]. Доктор ф.-м.н., член-корреспондент РАН: «Область научных интересов: масс-спектрометрия и ионные процессы; протеомика, петролиомика. Суперкомпьютерное моделирование поведения ионных облаков в масс-спектрометрических устройствах накопления и транспорта ионов. Исследования протеома физиологических жидкостей человеческого тела в экстремальных условиях с помощью методов масс-спектрометрии. Разработка основ количественного масс-спектрометрического анализа среднекопийных белков человека. Анализ и классификация природных хранилищ органического углерода с помощью масс-спектрометрии сверхвысокого разрешения (масс-спектрометрии ионного циклотронного резонанса с преобразованием Фурье). Разработка и характеристика динамически гармонизированных ионных ловушек Пеннинга. Разработка новых типов масс-спектрометров для биомедицинских применений. Разработка интеллектуального скальпеля для нейрохирургии. Разделил ионный дублет $^3\text{He}/\text{T}$. Предложил метод динамической гармонизации ионных ловушек Пеннинга, с помощью которого установил рекорды в разрешающей способности масс-спектрометров и точности измерения масс. Вместе с Куком (Graham Cooks, Purdue University) показал возможность определения хиральности всех природных аминокислот методами масс-спектрометрии. Руководитель лаборатории Института энергетических проблем химической физики РАН. Член редколлегии *Journal of Mass Spectrometry* (2000-2004), *European Journal of Mass Spectrometry*, *Rapid Communications in Mass Spectrometry*. Организатор ряда международных и российских конференций по масс-спектрометрии и смежным вопросам».

Нынешний директор института д.ф.-м.н. Михаил Владимирович Горшков с коллегами развивает новый перспективный метод полнопротеомного анализа на основе прямой масс-спектрометрической идентификации белков в комплексе с ультракороткими градиентами разделения при жидкостной хроматографии протеолитических пептидов.

Литература

1. *Емохонов В.Н.* Научная школа В.Л. Тальрозе. Очерки истории. История науки и техники. 2017. № 3. С. 3–37.
2. *Николаев Е.Н.* Роль ИХФ (ИНЭПХФ) РАН в становлении современной масс-спектрометрии. Итоги науки и техники. 2017. № 3. С. 38–50.
3. Кто есть кто в российской аналитической химии. Доктора наук. Ред.-сост. Ю.А. Золотов и В.И. Широкова. Изд. 4-е. М.: Неправительственный экологический фонд им. В.И. Вернадского. 2022.

3.13. Институт биохимической физики имени Н.М. Эмануэля

Институт этот создан в 1994 г. на базе Отдела кинетики и биохимических процессов Института химической физики им. Н.Н. Семенова РАН и Института пищевых веществ РАН. В 1995 г. институту присвоено имя академика Н.М. Эмануэля.



Здание Института биохимической физики им. Н.М. Эмануэля

Многие исследования, проводимые в институте, прямо или опосредованно относятся к аналитической химии. Это, как минимум, работы по биохимическим методам анализа (С.Д. Варфоломеев, И.Н. Курочкин и другие), исследования компонентов запаха с использованием хроматографических и других методов (Р.В. Головня, 1930–2001, и другие). В институте среди его отделов по крайней мере два так или иначе касаются аналитической химии, это отдел химии пищевых веществ и биотехнологии и отдел новых методов биохимической физики. Отделы включают по несколько лабораторий.

Одно из семи основных научных направлений института – «Физико-химические основы высокочувствительных биоаналитических процессов и новые сенсорные материалы». Вот содержание работ по этому направлению (с сайта института). Исследование и создание новых нанокompозитных метаматериалов, реализующих эффект гигантского комбинационного рассеяния, для биоаналитических целей. Исследование возможностей новых высокочувствительных биоэлектрокаталитических и оптических систем для биосенсоров. Поиск новых принципов и создание систем неинвазивного зондирования жизненно важных функций и патологических состояний организма. Исследование механизмов биоаналитических процессов и создание на этой основе сенсорных систем и материалов, ориентированных на высокочувствительное, экспрессное и мультиплексное определение и мониторинг концентрации биомакромолекул, метаболитов, ксенобиотиков, биологических

агентов и загрязняющих веществ в организме человека и животных, окружающей среде, пищевых продуктах и сырье. Разработка высокоточных методов определения массовых, химических, структурных, оптических и каталитических характеристик отдельных биологически важных молекул. Разработка алгоритмов многопараметрического анализа аналитической информации и построение прогностических моделей.



Член-корреспондент РАН Сергей Дмитриевич Варфоломеев

Под руководством члена-корреспондента РАН Сергея Дмитриевича Варфоломеева (он много лет был директором института) разработаны аналитические методы, основанные на использовании ферментов или других биобъектов. Изучался, например, молекулярный состав выдыхаемого воздуха [1, 2]. Уровень аминокислот в мозге человека оценивался с помощью протонного магнитного резонанса [3], ферментативные методы использованы для определения пестицидов.

Нынешний директор института доктор химических наук Илья Николаевич Курочкин и его коллеги разрабатывают основанные на различных подходах биосенсоры (ферментные, иммунохимические). Работы проводятся в контакте с кафедрой химической энзимологии МГУ им. М.В. Ломоносова. В исследованиях довольно широко используется рамановская спектроскопия с полным внешним отражением (SERS, ГКР). Группа публикуется и в журналах, посвященных аналитической химии.



Доктор химических наук Илья Николаевич Курочкин

Доктор химических наук Римма Владимировна Головня имела работы в области газовой хроматографии, химии запаха и вкуса. В ее лаборатории разработаны действенные и воспроизводимые способы получения высокоэффективных капиллярных газохроматографических колонок для определения сорбционно-активных соединений. Установлены структурные и термодинамические закономерности сорбции большого числа соединений различных классов в условиях газожидкостной хроматографии.



Доктор химических наук Римма Владимировна Головня

Это позволило создать методологию идентификации веществ в важных природных объектах и осуществить исследования компонентов запаха многих пищевых продуктов. Под ее руководством создан терминологический словарь по органолептике, введен термин флейвохимия – химия веществ, определяющих вкус и запах пищевых продуктов. Римма Владимировна активно участвовала в организации и работе международных и всероссийских симпозиумов по хроматографии и химии пищевых веществ, в работах научных советов РАН по хроматографии, по аналитической и органической химии, по химии пищевых веществ.

Литература

1. *Anaev E., Chuchalin A., Fedorchenko K., Kuratoryshaeva M., Ryabokon A., Kononikhin A., Barmin V.V., Pikin O.V., Popov I.A., Nikolaev E.N., Varfolomeev S.D.* Diagnosis of lung diseases based on proteomic analysis of exhaled breath condensate. *European Respiratory Journal*. 2017. Vol. 50. No. 61. P. 4939.
2. *В.С., Захарова Ю.В., Юсупов А.Э., Рябокоть А.М., Федорченко К.Ю., Индейкина М.И., Бугрова А.Е., Спасский А.И., Попов И.А., Варфоломеев С.Д., Николаев Е.Н.* Исследование молекулярного состава выдыхаемого воздуха при помощи масс-спектрометрии высокого разрешения. *Химическая физика*. 2019. Т. 38. № 12. С. 59–63.

3. *Меньщиков П.С., Семенова Н.А., Манжурцев А.В., Варфоломеев С.Д.* Определение уровней N-ацетиласпартата, аспартата и глутамата в локальных структурах головного мозга человека методом J-редактирования спектров протонного магнитного резонанса *in vivo*. Известия Академии наук. Сер. химич. 2018. №4. С. 655–662.

3.14. Центр фотохимии

Центр фотохимии РАН (ЦФ РАН) был образован 8 октября 1996 г. на основе московских лабораторий Отдела фотохимии Института химической физики им. Н.Н. Семенова АН СССР. Основным полем исследований Центра фотохимии является сегмент супрамолекулярной химии – супрамолекулярная химия фотоактивных молекул. Речь идет о задаче построения функциональных супрамолекулярных систем, способных при поглощении света перемещать фрагменты молекул или целые молекулы внутри супрамолекулярной системы, реализовывать химические превращения одной или нескольких молекул, входящих в супрамолекулярную систему, преобразовывать поглощенную энергию света в излучение более высокой или более низкой частоты, накапливать энергию света, изменять флуоресценцию при связывании супрамолекулярной системы с другими молекулами и т. д. По существу, основной задачей центра является создание функциональных супрамолекулярных устройств, использующих в качестве энергии для своего функционирования свет.

В настоящее время Центр фотохимии входит в состав Федерального научно-исследовательского центра (ФНИЦ) «Кристаллография и фотоника РАН».



Здание Центра фотохимии

Многие исследования, проводимые в Центре, представляют существенный интерес для аналитической химии. Эти работы осуществляются под общим руководством академика РАН Михаила Владимировича Алфимова и члена-корреспондента РАН Сергея Пантелеймоновича Громова.



Академик РАН Михаил Владимирович Алфимов

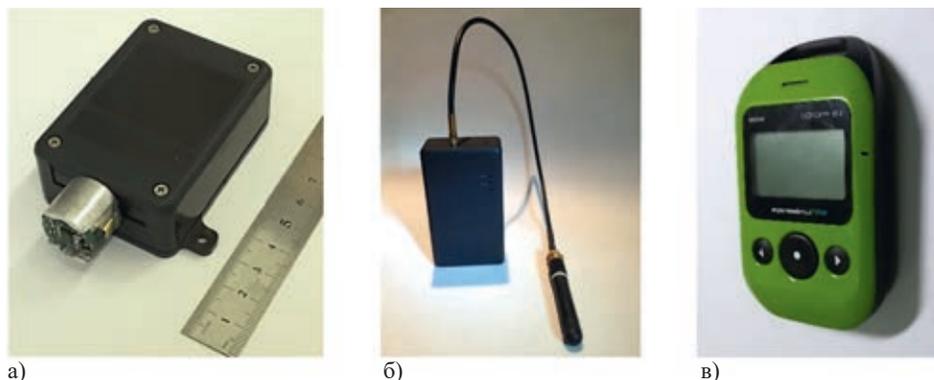
Так, синтезируются и изучаются соединения, способные служить основой химических сенсоров [1]. Проводятся работы по время-разрешенной флуоресцентной спектроскопии органических молекул и наноструктур [2]. В Центре есть лаборатория сенсорики.

Наиболее значимым достижением центра в области аналитической химии является разработка нового подхода к определению ароматических соединений в газовой фазе. Проведенные в ЦФ РАН исследования впервые показали, что дибензоилметанат дифторида бора (DBMBF₂), адсорбированный или ковалентно привитый на поверхности кремнеземных микро- или наночастиц, а также в полимерных пленках, способен образовывать флуоресцентные эксиплексы с метилпроизводными бензола при их сорбции из газовой фазы [3–6]. При появлении в воздухе паров бензола или метилбензолов наблюдается одновременное тушение флуоресценции адсорбированного DBMBF₂ и разгорание флуоресценции соответствующих эксиплексов, в то время как при экспонировании образца в парах ацетона или этанола наблюдается просто тушение флуоресценции. Избирательность процесса образования эксиплексов по отношению к ароматическим молекулам делает такие флуоресцентные хемосенсорные материалы селективными к ним. Кроме этого, форма спектра флуоресценции эксиплексов зависит от природы ароматического соединения, что позволяет селективно различать уже ароматические молекулы между собой.

Сенсор, способный непрерывно, количественно определять бензол, толуол и п-ксилол (БТК) в смеси, был продемонстрирован в работе Д.С. Ионова [7,8]. В центре ведутся исследования новых молекул из класса β-дикетонатов бора с целью оптимизации характеристик сенсоров данного типа и создания матричных сенсоров для количественного анализа многокомпонентных смесей ароматических молекул [9–11].

На основе исследований и разработок, описанных выше, были созданы и успешно испытаны образцы датчиков и газоанализаторов. Разработанные га-

зоанализаторы способны определять БТК с пределом детектирования на уровне 0,5 ПДК для воздуха рабочей зоны, время реакции для бензола не более 30 с.



Лабораторные образцы газоанализаторов БТК: а) – проводной датчик БТК; б) беспроводной датчик БТК; в) – газоанализатора БТК [12]

Обзор работ центра в области создания флуоресцентных хемосенсорных материалов, предназначенных для детектирования летучих химических соединений, представлен в статье [12].

Литература

1. Ушаков Е.Н., Алфимов М.В., Громов С.П. Принципы дизайна оптических молекулярных сенсоров и фотоуправляемых рецепторов на основе краун-эфиров. *Успехи химии*. 2008. Т. 77. № 1. С. 39–59.
2. Petrov N.K., Ivanov D.A., Alfimov M.V. Ultrafast Dynamics of Electronically Excited Host–Guest Complexes of Cucurbiturils with Styryl Dyes. *ACS Omega*. 2019. Vol. 4. № 7. P. 11500–11507.
3. Сажников В.А. и др. Кремнеземные наночастицы с ковалентно привитым флуорофором как супрамолекулярные хеморецепторы с селективным откликом на аналиты. *Российские нанотехнологии*. 2012. Т. 7. № 1–2. С. 24–30.
4. Arias Espinoza J.D. et al. Gas Response Behaviour and Photochemistry of Borondiketonate in Acrylic Polymer Matrices for Sensing Applications. *J. Fluoresc.* 2014. Vol. 24. № 6. P. 1735–1744.
5. Ионов Д.С. и др. Получение методом струйной печати хемосенсорных материалов на основе кремнеземных наночастиц с ковалентно привитыми флуорофорами. *Российские нанотехнологии*. 2016. Т. 11. № 7–8. С. 55–60.
6. Ионов Д.С. и др. Струйная печать хемосенсорных слоев на основе поверхностно-функционализированных кремнеземных наночастиц // *Российские нанотехнологии*. 2017. Vol. 12. № 7–8. P. 13–24.
7. Ionov D. et al. Simple Fluorescent Sensor for Simultaneous Selective Quantification of Benzene, Toluene and Xylene in a Multicomponent Mixture. *Procedia Eng.* 2016. Vol. 168. P. 341–345.

8. Ионов Д.С., Сажников В.А., Алфимов М.В. и др. Способ одновременного измерения концентрации паров бензола, толуола, ксилолов в газовой смеси с помощью материалов на основе ДБМБФ2. Пат. 2534729 Рос. Федерация, опубл. 29.03.2018. Бюл. № 10. 10 с.

9. Kononevich Y.N. et al. Tetrahedral Silicon Centered Dibenzoylmethanoboron Difluorides: Synthesis, Crystal Structure, and Photophysical Behavior in Solution and the Solid State. *Chempluschem*. 2020. Vol. 85. № 6. P. 1111–1119.

10. Kononevich Y.N. et al. Turn-on exciplex fluorescence induced by complexation of nonfluorescent pentafluorinated dibenzoylmethanoboron difluoride with benzene and its derivatives. *New J. Chem*. 2019. Vol. 43. № 35. P. 13725–13734.

11. Kononevich Y. et al. Novel DBMBF2-BODIPY dyads connected via flexible linker: synthesis and photophysical properties. *New J. Chem*. 2022.

12. Сажников В.А., Ионов Д.С., Алфимов М.В. Флуоресцентные хемосенсорные материалы. *Химия высоких энергий*. 2022. Т. 56. № 1. С. 27–37.

3.15. Институт высокомолекулярных соединений

Институт известен аналитикам выполнявшимися в стенах этого петербургского учреждения исследованиями и методическими решениями в области хроматографии (Г.В. Самсонов, Б.Г. Беленький, В.Д. Красиков, Т.Б. Тенникова и другие).



Здание Института высокомолекулярных соединений



Доктор химических наук Георгий Васильевич Самсонов

Георгий Васильевич Самсонов (1920–1999) работал в институте с 1952 г. После защиты докторской диссертации в 1953 г. он создал и возглавил с 1958 г. лабораторию физической химии полиэлектролитов и физиологии-

чески активных полимеров. С 1961 по 1966 г. Г. В. Самсонов работал заместителем директора по научной работе, а с 1970 г. стал заведующим отделом биологически активных полимеров. Основными направлениями научной деятельности Г.В. Самсонова были исследования в области физической химии полиэлектролитов, биотехнологии и химии биологически активных веществ. Большое значение имеют теоретические исследования Г.В. Самсонова по обоснованию режимов хроматографических процессов, известны его работы по ионообменным и хроматографическим методам выделения и очистки физиологически активных веществ, созданию новых типов полимерных сорбентов. Большое значение имеет разработка высокоэффективных препаративных сорбционных и хроматографических процессов с использованием новых типов сорбентов – Биокарба и Целлосорба.



Доктор химических наук Беленький Борис Григорьевич

Что касается Бориса Григорьевича Беленького (1926–2008), то практически вся его деятельность связана с Академией наук. С 1961 по 1989 г. он заведовал аналитической лабораторией Института высокомолекулярных соединений АН СССР, где в 1974 г. защитил докторскую диссертацию «Жидкостная хроматография полимеров, биополимеров и их фрагментов». Научные интересы Б.Г. Беленького всегда отличались широтой и многогранностью, основные направления его исследований – фундаментальные и прикладные проблемы физической химии полимеров, биотехнология, новые аспекты аналитической химии, научное приборостроение. Мировую известность Борису Григорьевичу принесло развитие теоретических и приборных основ инструментальной жидкостной хроматографии. Предметом его особой заботы всегда было обеспечение полного цикла работ: от теории до создания приборов, их постановки на производство и в конечном итоге – их применения в аналитической химии. Борис Григорьевич является автором более 250 научных работ, 30 изобретений и четырех монографий, изданных в нашей стране и за рубежом, например [1]. Долгое время он входил в редколлегии журналов "Journal of Chromatography: Biomedical Applications" и "Bio-Techniques" Большое вни-

мание Б.Г. Беленький уделял подготовке кадров, среди его учеников три доктора наук и более пятнадцати кандидатов, он сформировал научную школу в области хроматографии. Среди достижений школы: создание нового метода – высокоэффективной тонкослойной хроматографии; фундаментальные результаты в области ионообменной хроматографии аминокислот, эксклюзионной хроматографии, высокоэффективной жидкостной хроматографии, капиллярной жидкостной хроматографии, высокоэффективного капиллярного электрофореза, высокоэффективной монолитной (мембранной) хроматографии; разработка новых хроматографов и их узлов.

Институт внес большой вклад в развитие идеи монолитных хроматографических колонок, в создание таких колонок (Т.В. Тенникова, Б.Г. Беленький, совместно с чешским ученым Ф. Швецем) [2].



Доктор химических наук Татьяна Борисовна Тенникова

Доктор химических наук, заслуженный деятель науки Российской Федерации Татьяна Борисовна Тенникова в 1998 году защитила докторскую диссертацию «Высокоэффективная мембранная хроматография: формирование структуры порового пространства полимерных носителей для межфазового разделения белков». С 1981 по 2015 г. работала в Институте высокомолекулярных соединений АН СССР (РАН), где прошла путь от младшего научного сотрудника до заместителя директора по научной работе (2009–2015 гг.). Работала в качестве приглашенного профессора в университетах Германии, Швейцарии и Японии. Татьяна Борисовна является одним из изобретателей сорбентов нового поколения – полимерных монолитов. Работа была выполнена в научной кооперации с Институтом макромолекулярной химии в Праге. Полученные материалы защищены патентами РФ, Чешской Республики, ЕС, США, Канады, Японии, Словении. Изобретение было успешно коммерциализовано, в настоящее время продукт под коммерческим названием Convection Interaction Media (CIM) производится и распространяется компанией BIA Separations, Sartorius division (Словения). Т.Б. Тенникова является признанным экспертом в различных областях – адсорбции и хроматографии, полимерной химии, биоорганической

химии, медицинской химии, биоматериалах, аналитической биотехнологии и т. д. Является соавтором более 250 научных публикаций, имеет обширный опыт руководства научными проектами различного ранга.



Доктор химических наук Валерий Дмитриевич Красиков

Аналитической лабораторией института заведует д.х.н. Валерий Дмитриевич Красиков. В 2006 г. он защитил докторскую диссертацию «Аппаратурно-методологические аспекты анализа сложных полимерных объектов и их фрагментов комплексными хроматографическими методами». Сотрудники лаборатории хорошо известны своими хроматографическими работами. В.Д. Красиков имеет достижения в разных вариантах жидкостной хроматографии, в том числе эксклюзионной, аффинной, ионообменной. Разработаны мультidetекторная хроматография сложных полимерных систем, способы оценки молекулярной и композиционной неоднородности полимеров. Созданы методики определения основных природных и синтетических аминокислот методами количественной тонкослойной хроматографии. Предложены видеоденситометры для планарной хроматографии, новые типы пластин для тонкослойной хроматографии, организовано производство и внедрение хроматографической аппаратуры. В.Д. Красиков – автор монографии о планарной хроматографии [3], является соавтором более 250 научных публикаций.

Литература

1. Беленький Б.Г., Ганкина Э.С. Капиллярная жидкостная хроматография. М.: Наука. 1987. 208 с.
2. Tennikova T.V., Svets F., Belenkiĭ B.G. High-performance membrane chromatography. A novel method of protein separation. J. Liquid Chromatography. 1990. Vol. 13. № 1. P. 63–70/
3. Красиков В.Д. Основы планарной хроматографии. СПб.: Химиздат. 2005.

3.16. Уфимский институт химии

Прежде этот широко известный институт назывался Институтом органической химии Уфимского научного центра РАН. В настоящее время институт является обособленным подразделением Уфимского федерального исследовательского центра РАН.



Здание Уфимского института химии

Из прошлых работ института нужно отметить становление и развитие масс-спектрометрии отрицательных ионов в режиме резонансного захвата электрона. Начало этим исследованиям положил д.х.н. В.И. Хвостенко (монография «Масс-спектрометрия отрицательных ионов в органической химии», 1981 г.). Метод дает трехмерные масс-спектры (интенсивность пиков, массовое число, энергия электронов). Его активно развивали в институте, развитие продолжается также в Институте физики молекул и кристаллов УФИЦ РАН.

В настоящее время в институте есть лаборатория физико-химических методов анализа, в которой 36 сотрудников.



Сотрудники лаборатории физико-химических методов анализа Уфимского института химии

В лаборатории 8 групп: оптической спектроскопии и ЭПР; ЯМР-спектроскопии; хроматографии; масс-спектрометрии; элементного анализа; анализа неорганических и координационных соединений; автоматизации научного эксперимента; вычислительной химии.



Эмблема лаборатории

Основная тематика лаборатории – решение структурно-аналитических задач различными методами, идентификация и количественное определение состава и структуры продуктов органического синтеза.

Глава 4

ОТДЕЛЕНИЕ ФИЗИЧЕСКИХ НАУК

Начало главы, посвященной работам институтов физического профиля, – подходящее место для того, чтобы еще раз подчеркнуть, что современная аналитическая химия – это далеко не только химия, что и название этой науки по указанной причине часто заменяется на «аналитику», дабы уйти от ограничивающего слова «химия». Физические методы анализа в наше время принадлежат к наиболее употребительным методам химического анализа, это спектроскопические, включая рентгеноспектральные, и масс-спектрометрические методы, в меньшей мере ядерно-физические и термические. Среди ведущих аналитиков, работающих в системе Академии наук, много докторов и кандидатов физико-математических и технических наук.

4.1. Физический институт имени П.И. Лебедева

К аналитике прежде всего относятся проводившиеся в этом институте исследования в области люминесценции и атомно-эмиссионного анализа, а также осуществляемые в настоящее время работы по лазерной спектроскопии.



Здание Физического института им. П.И. Лебедева

Работы по люминесценции и люминесцентному анализу были развернуты и успешно проводились под руководством академика Сергея Ивановича Вавилова (1891–1951), в них активно участвовали М.А. Константинова-Шлезингер, В.Л. Лёвшин и другие сотрудники института.

В некрологе о С.И. Вавилове, опубликованном Академией наук СССР, говорилось: «С.И. Вавилову принадлежит около 100 научных работ, главным образом по вопросам физической оптики. Более 15 лет его упорных исследований природы фотолюминесценции растворов увенчались большими научными открытиями в этой малоразработанной области физики и позволили создать общую теорию явлений люминесценции».

И далее: «По инициативе С.И. Вавилова в химии, медицине, минералогии, в пищевой, металлообрабатывающей и других отраслях промышленности получил широкое внедрение новый метод анализа вещества – люминесцентный анализ».

С.И. Вавиловым проведены измерения выхода флуоресценции как функции длины волны возбуждающего света. Он исследовал, как изменяется отношение энергии флуоресцентного излучения к поглощенной световой энергии, если возбуждать флуоресценцию светом разной длины волны. Оказалось, что энергетический выход линейно растет с увеличением длины волны возбуждающего света. Иными словами, доля поглощения световой энергии, отдаваемой в виде флуоресцентного излучения, растет по мере приближения длины волны возбуждающего света к длине волны флуоресцентного излучения. В пересчете на кванты это обозначает, что возбуждается ли флуоресценция более коротковолновым светом (например, ультрафиолетовым) или более длинноволновым светом с меньшими квантами, всегда на одно и то же число поглощенных квантов приходится одно и то же число квантов флуоресцентного излучения, значит квантовый выход постоянен. Поэтому отношение энергии излучаемой к поглощаемой тем более приближается к единице, чем меньше разнятся по величине квант излучаемый и поглощаемый, т. е. чем ближе длина волны возбуждающего света к длине волны флуоресцентного излучения. Установленное постоянство квантового выхода было не случайной эмпирической закономерностью. Вавилов уловил в них фундаментальный закон фотолюминесценции и тем самым вскрыл самую суть явления.



Академик Сергей Иванович Вавилов

В дальнейшем С.И. Вавиловым и его школой были установлены и другие закономерности преобразования поглощаемой световой энергии во флуоресцентное излучение, тем самым были созданы предпосылки для развития люминесцентного анализа. Для разрешения стоявшей в то время перед геофизиками задачи определения озона в высших слоях атмосферы и выяснения градиента изменения концентрации озона на разных высотах С.И. Вавилов наметил путь использования люминесцентного анализа. Он включил в план работу по созданию люминесцентного метода определения озона в воздухе. Это было в тридцатых годах, когда самая возможность использования люминесцентного анализа как метода химического анализа оспаривалась или во всяком случае считалась спорной.

Много внимания было уделено и организационной работе для развития люминесцентного анализа (обеспечение аппаратурой, издание пособий и реферативных сборников по люминесцентному анализу, созыв совещаний). В октябре 1944 г. в Москве было проведено первое Всесоюзное совещание по вопросам люминесценции. По решению совещания при ФИАНе через два месяца была образована Комиссия по люминесценции во главе с С.И. Вавиловым.

Доктор физико-математических наук Вадим Леонидович Лёвшин (1896–1969) занимался изучением поляризованной люминесценции. В 1931–1937 гг. он установил правило зеркальной симметрии спектров поглощения и люминесценции (правило Лёвшина).



Доктор физико-математических наук Вадим Леонидович Лёвшин

Доктор физико-математических наук Мария Александровна Константинова-Шлезингер (1891–1987) занималась люминесцентным анализом непосредственно. Разработку методов количественного люминесцентного анализа она начала под руководством С.И. Вавилова еще в предвоенные годы. Ею был создан люминесцентный метод определения озона в высоких слоях атмосферы (о котором уже говорилось) и предложены другие аналитические методики, написана монография «Люминесцентный анализ» [1]. По инициативе С.И. Вавилова Мария Александровна составляла рефераты работ по такому анализу. Для сотрудников производственных лабораторий она организовала в ФИАНе стажировки по люминесцентному анализу.

Другая группа «аналитических» работ ФИАНа связана с именем академика Григория Самуиловича Ландсберга (1890–1957). Еще до прихода в ФИАН, работая в московских вузах, Ландсберг активно занимался внедрением атомно-эмиссионной спектроскопии для анализа металлов и сплавов, в том числе на московских заводах. В 1941 г. он был удостоен за эти достижения Государственной премии СССР.



Академик Григорий Самуилович Ландсберг

Григорий Самуилович был основателем и долгое время руководителем Комиссии по спектроскопии АН СССР, которая имела собственную лабораторию, впоследствии ставшую Институтом спектроскопии. Фактически Г.С. Ландсберг создал школу атомного и молекулярного спектрального анализа. Участвовал в работе «Журнала аналитической химии» и журнала «Заводская лаборатория».

В статье, посвященной 60-летию Г.С. Ландсберга, журнал «Заводская лаборатория» писал следующее [2].

«С 1932–1933 гг. в работе Г.С. Ландсберга начинают занимать все большее и большее место вопросы эмиссионного спектрального анализа.

Два десятилетия назад эмиссионный спектральный анализ был достоянием лишь весьма ограниченного круга научных лабораторий, и применение его не выходило, в общем, за рамки качественных определений химического состава объектов научного исследования.

Г.С. Ландсберг увидел заложенные в спектральном анализе возможности, позволяющие развить его в метод промышленного контроля состава материалов.

Г.С. Ландсберг является инициатором развития спектрального анализа в СССР и руководителем советских спектроскопистов-аналитиков. Им создана школа спектроскопистов, разработавшая научные основы спектрального анализа и сделавшая его надежным и в высшей степени эффективным методом повседневного контроля производства в важнейших областях промышленности.

Одновременно под руководством Г.С. Ландсберга была развернута работа по созданию специальной аппаратуры и организации ее производства, подготовке кадров спектроскопистов-аналитиков, способных развивать и применять спектральный анализ в заводской практике. Были созданы ведущие лаборатории спектрального анализа в основных отраслях промышленности».

В числе ведущих сотрудников Г.С. Ландсберга в ФИАНе, а с 1958 г. в Комиссии по спектроскопии был доктор технических наук Соломон Менделевич Райский (1905–1979). Основная область его научных интересов – экспериментальные исследования в области физической оптики, молекулярной физики и спектрального анализа. Он внес весомый вклад в развитие спектрального анализа в СССР, в разработку спектральных методик и внедрение спектрального анализа в практику лабораторий заводов тяжелой промышленности и других предприятий. Райский разработал методику спектрально-аналитического определения кремния в ковком чугуне при плавке и создал прибор для спектрального определения кремния и хрома в чугуне, а также меди, титана, алюминия, хрома и вольфрама в сталях. Во время Великой Отечественной войны он организовал производство спектральных приборов для заводов – стилоскопов и стилосметров (выпущено более 400 приборов). Использовал в спектральном анализе радиоактивные индикаторы (книга «Физические основы метода активных индикаторов», 1956). Предложил схему искрового генератора, использованную в промышленных генераторах ИГ-3 («искра по Райскому»). Координировал работы по внедрению атомно-эмиссионного анализа в промышленность. Опубликовал более 50 работ по спектральному анализу и смежным областям. Вместе с С.А. Мандельштамом подготовил в 1938 г. таблицы спектральных линий [3].

Исследования в области аналитической спектроскопии проводил в ФИАНе также П.А. Бажулин. Так, он использовал рамановскую спектроскопию для анализа смесей углеводородов, он соавтор книги «Методы спектрального анализа».

С 1935 по 1968 г. в ФИАНе работал и заведовал лабораторией спектрального анализа крупный спектроскопист, будущий член-корреспондент АН СССР и будущий директор Института спектроскопии Сергей Леонидович Мандельштам, много внимания уделявший аналитическим проблемам. Его лаборатория сыграла большую роль в распространении атомно-эмиссионного анализа. Под редакцией С.Л. Мандельштама и С.М. Райского вышло несколько руководств по спектральному анализу: упоминавшиеся «Таблицы спектральных линий» [3], «Методы спектрального анализа металлов» [4] и др. С.Л. Мандельштам является автором руководства «Введение в спектральный анализ» [5], которое долгое время было настольной книгой каждого советского спектроскописта.

Как уже говорилось, существенное значение для современной аналитической химии имеет успешное развитие и применение лазерной спектроскопии, в том числе работы в этом направлении, ведущиеся в ФИАНе.

Литература

1. *Константинова-Шлезингер М.А.* Люминесцентный анализ. М.: Изд. АН СССР. 1948. 288 с.
2. К шестидесятилетию академика Г.С. Ландсберга. Заводск. лаборатория. 1950. С. 511–512.
3. *Мандельштам С.Л., Райский С.М. (ред.)* Таблицы спектральных линий. Л.-М.: ГОНТИ, НКТП. 1938. 346 с.
4. Методы спектрального анализа металлов. Под общ. ред. С.Л. Мандельштама. М.-Л.: ГИТТЛ. 1940. 88 с.
5. *Мандельштам С.Л.* Введение в спектральный анализ. М.-Л.: ОГИЗ. 1946. 262 с.

4.2. Институт общей физики имени А.М. Прохорова

В институте проводятся многочисленные исследования, нацеленные, в частности, на обнаружение, идентификацию и количественное определение веществ, имеющих значение для медицины и смежных областей.



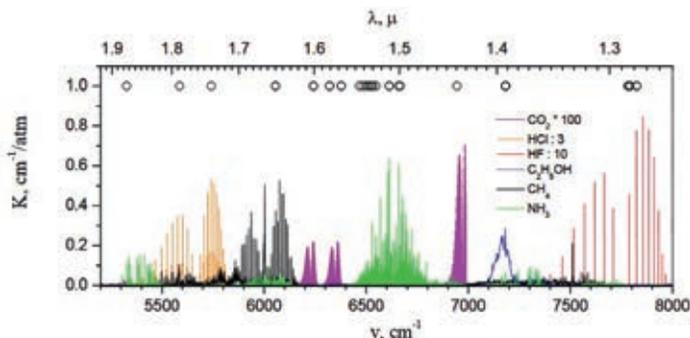
Здание Института общей физики им. А.М. Прохорова

Для аналитической химии значительный интерес представляют проводимые в ИОФАН работы по развитию и применению диодной лазерной спектроскопии (А.И. Надеждинский, Я.Я. Понуровский и другие в Отделе диодной лазерной спектроскопии). Еще на ранних этапах этих работ была показана возможность достигать очень низких пределов обнаружения химических соединений, возможность дистанционно (на расстоянии более 100 м) обнаруживать взрывчатые вещества. Была обеспечена очень высокая точность определения изотопного состава гексафторида урана, создан комплекс для контроля производства высокочистых гидридов. В последнее время много внимания уделяется анализу упомянутых уже биомедицинских объектов.



Кандидат физико-математических наук Яков Яковлевич Понуровский

Проведены разработки методов определения газов (CO_2 , CH_4 , H_2O , CO) для экологических целей, методов определения компонентов выдыхаемого воздуха для неинвазивной медицинской диагностики, методов дистанционного обнаружения продуктов распада взрывчатых веществ [1].



Спектры поглощения ряда молекул в ближней ИК-области

Вот, например, как решался вопрос о дистанционном обнаружении продуктов распада взрывчатых веществ (гексоген, тринитротолуол и др.). При разложении этих ВВ выделяется изоциановая кислота, а она гидролизуется на воздухе с образованием аммиака и диоксида углерода; аммиак таким выступает маркером присутствия ВВ. Были созданы приборы для дистанционного обнаружения аммиака, в том числе в движущемся автомобиле. Что касается выдыхаемого воздуха, то совместно с Институтом пульмонологии отработывались методики определения CO , NH_3 и других летучих компонентов для диагностики заболеваний. Диодно-лазерная спектроскопия позволяет проводить и изотопные исследования для той же цели, прежде всего это относится к паре $^{12}\text{C}/^{13}\text{C}$.

Доктор ф.-м.н. Евгений Валерьевич Степанов и его коллеги по возглавляемому им отделу экологических и медицинских проблем разработали лазерную методику определения монооксида углерода в выдыхаемом воздухе человека как маркера присутствия в желудке бактерии *hilobacter pilari*, провоцирующей гастрит и другие желудочные заболевания.

На анализ биомедицинских объектов нацелены и другие проводимые в институте исследования и прикладные разработки. Так, доктор ф.-м.н. Сергей Алимпиев и возглавляемая им лаборатория разработали масс-спектрометрические методики и установки для обнаружения ряда маркеров заболеваний.

Литература

1. Надеждинский А.И., Понуровский Я.Я. Работы по аналитическому использованию диодной лазерной спектроскопии в Институте общей физики им. А.М. Прохорова. Журн. аналит. химии. 2018. Т. 73. № 2. С. 153–158.
2. Понуровский Я.Я., Заславский В.Я., Надеждинский А.И., Спиридонов М.В., Ставровский Д.Б., Шаповалов Ю.П., Карабиненко А.А., Петрен-

ко Ю.М. Диодная лазерная спектроскопия – направление в создании эффективных измерительных систем и их использовании в биологических и медицинских исследованиях. Биофизика. 2019. Т. 64. № 6. С. 1071–1086.

3. Маругин А.В., Савикин А.П., Шарков В.В. Лазерная спектроскопия. Учебное пособие (Нижний Новгород). 2019. С. 31.

4.3. Институт спектроскопии

Созданная в 1930-е годы и долгое время руководимая академиком Григорием Самуиловичем Ландсбергом Комиссия АН СССР по спектроскопии имела, как уже говорилось выше, собственную лабораторию, которая находилась в самом центре Москвы, в проезде Сапунова (непосредственно за ГУМом). В Комиссии, точнее в лаборатории, работали спектроскописты «с аналитическим уклоном», например С.М. Райский (о нем уже говорилось в другом месте), а также кандидат физико-математических наук, затем (1963 г.) доктор технических наук Илья Соломонович Абрамсон. Последний проработал в лаборатории 20 лет, с 1948 по 1968 г., а в 1969 г. перешел на работу в Институт геохимии и аналитической химии им. В.И. Вернадского (ГЕОХИ). И.С. Абрамсон был хорошим специалистом по созданию спектральных приборов, в том числе аналитического назначения. Об этом еще будет речь в разделе, посвященном ГЕОХИ. Лаборатория Комиссии по спектроскопии оставила хороший след в истории спектральных методов анализа в СССР, в частности, активно пропагандируя эти методы.



Здание Института спектроскопии РАН

Образованный в 1968 г. на базе этой лаборатории Институт спектроскопии АН СССР (РАН) постоянно уделяет внимание спектроскопическим методам анализа – люминесцентным, атомно-эмиссионным и другим, разнообразному аналитическому использованию лазеров и т. д.

Исследования по аналитической спектроскопии первоначально проводились в институте под руководством члена-корреспондента АН СССР Сергея Леонидовича Мандельштама (1910–1990). Был, например, разработан искровой атомно-эмиссионный спектрометр небольшого размера для анализа сплавов. Прибор изготавливали по заказам. Кандидат ф.-м.н. Всеволод Григорьевич Колошников руководил семинаром по спектральному анализу, работавшим в Москве. В течение ряда лет этот семинар, проводившийся в Политехническом музее, собирал большое число аналитиков-практиков

и был прекрасной платформой для обмена опытом специалистов, работавших в заводских лабораториях. Колошников был членом Научного совета АН СССР (РАН) по аналитической химии.



Член-корреспондент АН СССР Сергей Леонидович Мандельштам

Большой вклад внесен институтом в лазерные спектроскопические методы. В группе д.ф.-м.н. Владилена Степановича Летохова был разработан метод многофотонной селективной ионизации молекул. Эти работы привели к созданию промышленного метода получения обогащенных изотопов. В группе Михаила Александровича Большова был разработан лазерный атомно-флуоресцентный спектрометр, на котором был выполнен цикл исследований по определению очень низких (вплоть до ppt) содержаний элементов в антарктическом льде. М.А. Большов возглавлял Комиссию по спектроскопическим методам анализа Научного совета РАН по аналитической химии и в этом качестве организовал несколько всероссийских конференций по таким методам.



Доктор физико-математических наук Большов Михаил Александрович

Доктор ф.-м.н. Роман Иванович Персонов известен работами по углубленному изучению «эффекта Шпольского» в люминесценции, по использованию лазерного возбуждения в этом эффекте. В его группе была разработана теория уширения спектральных линий молекул и доказано, что при криогенных температурах эффект Шпольского является оптическим аналогом эффекта Мёссбауэра.

В отчете РАН о разработках 2008–2012 гг., готовых к практическому использованию, говорилось о создании в Институте спектроскопии совместно с ООО «Многоканальные оптические и регистрирующие системы» эмиссионного спектрометра для определения водорода в титановых сплавах. Спектрометр, называемый «Анализатор Н», решает задачу контроля следовых концентраций водорода в высококачественных титановых сплавах. Диапазон концентраций водорода – 0.002–0.35 % мас. (обусловлен диапазоном концентраций комплекта стандартных образцов ОСО22 производства ВИАМ). Используются генератор конденсированной искры, оптика переброса света плазменного разряда в мини-спектрограф, компонентом оптики является стандартный волоконный жгут. Мини-спектрограф с системой регистрации позволяет выделить анализируемую линию водорода. Прибор был предназначен для замены устаревших анализаторов, выпущенных в 70–80 годах прошлого века и работающих с устаревшими фотоприемниками, он позволяет автоматизировать определение, уменьшить время анализа и сделать его более точным. Организовано производство прибора. Компоненты разработки позволили модернизировать анализаторы в РКК «Энергия» (Королев), ВИАМ (Москва) и МАТИ. Приборы поставлены в корпорацию «Тактическое ракетное вооружение» (Королев) и в ОАО «Калужский турбинный завод» (Калуга).

В течение ряда лет в группе к.ф.-м.н. Лившица Александра Марковича проводились исследования по искровому и дуговому эмиссионному анализу сплавов. Эта исследовательская работа была доведена до разработки и создания линейки атомно-эмиссионных приборов серии ПАПУАС (Параллельно-последовательный универсальный анализатор сплавов). Было изготовлено более 300 таких приборов для большого числа металлургических предприятий. Был разработан и учебный вариант прибора. Несколько таких приборов успешно работают в практикуме кафедры аналитической химии МГУ.

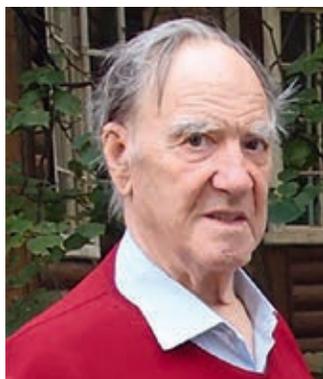
4.4. Институт физических проблем имени П.Л. Капицы

Этот далекий от аналитической химии институт тем не менее отметился работами, имеющими прямое отношение к химическому анализу. Речь идет об активационном анализе с использованием ускорителя электронов – микротрона. Исследования в этом направлении были в свое время развернуты под руководством д.ф.-м.н. Сергея Петровича Капицы [1].



Здание института физических проблем им. П.Л. Капицы

Тормозное излучение электронного ускорителя позволяет проводить гамма-активационный анализ. Данный метод, в отличие от нейтронно-активационного, дает возможность определить элементы начала периодической таблицы. Работы с использованием микротрона продолжались продолжительное время (Ю.М. Ципенюк и др.). Микротрон можно использовать и для нейтронно-активационного анализа [2].



Доктор физико-математических наук Сергей Петрович Капица.

Литература

1. *Капица С.П.* Микротрон и области его применения. Атомная энергия. 1965. Т. 18. № 3. С.203–208.
2. *Ципенюк Ю.М.* Фундаментальные и прикладные исследования на микротроне. М.: Физматлит. 2009. 424 с.

4.5. Институт ядерных исследований

Этот образованный в 1970 г. московский институт известен прежде всего, конечно, не химико-аналитическими исследованиями и разработками.



Здание Института ядерных исследований

Доктор технических наук Анатолий Васильевич Андреев, главный научный сотрудник института, разрабатывал и внедрял ядерно-физические методы элементного анализа с использованием быстрых и тепловых нейтронов и соответствующей аппаратуры – ускорителей, нейтронных генераторов, спектрометров и др.



Доктор технических наук Анатолий Васильевич Андреев

Разработано большое число конкретных методик определения элементов в различных объектах.

В отчете Академии наук «Важнейшие исследования и разработки научных учреждений РАН в 2008–2012 гг., готовые к практическому применению» [1] был указан разработанный в Институте ядерных исследований высокочувствительный газоанализатор «Исток» для определения кислорода в технологических газах. Прибор основан на электронно-захватном прин-

ципе и предназначен для экспрессного определения кислорода в неэлектроотрицательных газах (Ar, He, Ne, Xe, Kr), азоте, водороде, CO_2 , CO, углеводородах (CH_4 , C_2H_4 и др.), гидридах (SiH_4 , GeH_4 , NH_3 и др.), CF_4 , а также в смесях этих газов. Диапазон определяемых содержаний 10^{-8} – 10^{-2} об. доли. Газоанализатор работает в потоке либо в режиме отбора проб. Время установления отсчета – 2 мин. Газоанализатор готов к измерениям через 5 мин. после включения, обладает стабильностью, поскольку использованный в нем α -источник Pu^{239} имеет период полураспада порядка 30 тыс. лет, что обеспечивает постоянство сигнала в режиме полного сбора электронов ионизации. α -Источник (700 распадов в секунду) абсолютно безопасен. Прибор аттестован Федеральным агентством по техническому регулированию и метрологии РФ как средство измерений. Газоанализаторы работали на нескольких десятках предприятий СНГ: на заводах «Элма», ЗАО НТА «Наука», ОАО «Криогенмаш», ЗАО «Транскат», ВНИИФТРИ, ВНИИМС, заводе «Микрон» и др.

Литература

1. Важнейшие исследования и разработки научных учреждений РАН в 2008–2012 гг., готовые к практическому применению. Информационный сборник. М: РАН. 2013. 327 с.

4.6. Институт космических исследований

В ИКИ РАН разрабатываются приборы для химического анализа пород или атмосфер небесных тел, частиц в межпланетном пространстве. Используются в основном физические методы: ядерно-физические, масс-спектрометрические, рентгеновские и другие.



Здание Института космических исследований

Аналитические методы позволяют решать важные задачи познания космических тел, в том числе задачи возможного их освоения. Например, такие методы нужны для оценки возможности освоения Луны (картографирование минералов, чтобы понять, как воспользоваться полезными ископаемыми Луны, поиск водяного льда в полярных частях спутника, чтобы оценить его водные ресурсы и т. д.).

Доктор физико-математических наук Игорь Георгиевич Митрофанов разработал (и продолжает разрабатывать) способы и устройства для анализа, основанные на различных ядерно-физических методах. Приемы анализа и соответствующие приборы создавались и создаются для анализа на Марсе, Венере, Меркурии, на Луне, на Фобосе. Использовано ядерное излучение с поверхности Луны или Марса и других небесных тел без атмосферы, которое возникает под действием космических лучей или энергичных нейтронов от нейтронного генератора.



Доктор физико-математических наук Игорь Георгиевич Митрофанов

В марсианских исследованиях, проводившихся совместно с учеными из США, был применен, например, разработанный в ИКИ прибор, регистрирующий обратное рассеяние нейтронов. Целью было обнаружение подповерхностного водорода, т. е. воды или льда. Этот прибор назывался ДАН (Динамическое Альbedo Нейтронов).

В институте проведены также работы по дистанционному, в том числе из космоса, обнаружению физиологически активных веществ в воздухе с помощью устройств лидарного типа (Ю.А. Палатов, Н.А. Князев и другие). Разработаны и испытаны гибридные лазерные системы (активная и пассивная лазерная локация, использование одновременно нескольких эффектов взаимодействия электромагнитного излучения с веществом).

4.7. Физико-технический институт имени А.Ф. Иоффе

Этот знаменитый физический институт отмечился и работами по аналитической химии. Так, одними из основных создателей метода капиллярного изотохофореза были Ольга Васильевна Ошуркова и тогдашний директор института Борис Павлович Константинов [1].



Здание Физико-технического института им. А.Ф. Иоффе

Доктор физико-математических наук член-корреспондент АН СССР (РАН) Борис Александрович Мамырин (1919–2007), заведовавший лабораторией масс-спектрометрии, создал [2, 3] электростатическое ионное зеркало, часто называемое масс-рефлектроном Мамырина. Это устройство используется практически во всех времяпролетных масс-спектрометрах, выпускаемых ведущими мировыми разработчиками и производителями масс-спектрометров.



Из буклета

Приведем выдержки из письма Б.А. Мамырина, присланного одному из авторов этой книги в августе 2005 г.

«Глубокоуважаемый Юрий Александрович!

По Вашей просьбе посылаю Вам материалы о своей деятельности в масс-спектрометрии.

.....

II. Масс-рефлектрон (его описание и схема есть в отрисках).

Информация о нем впервые опубликована в авторском свидетельстве № 198034 (Бюлл. изобр. № 13, с. 148, 1969 г.). Есть патенты США, Англии, Франции и ФРГ. Но... Наше правительство не поддерживало иностранные патенты со всеми вытекающими последствиями.

Времяпролетные масс-спектрометры отличаются от статических магнитных неограниченным диапазоном масс и высокой скоростью анализа. Но они имели малую разрешающую способность $R < 300$. Применение отражения ионов в электростатическом зеркале дало возможность компенсировать влияние разбросов энергий ионов, неизбежно возникающих при всех способах образования ионов. (При отражении в тормозящем поле “быстрые” ионы проникают “глубже” и поэтому приходят на детектор вместе с “медленными”).

Наша первая публикация (Мамырин и др.) в ЖТФ. Т. 37, с. 45 в 1973 г. со спектром тяжелых металлоорганических молекул при $R \geq 6000$ быстро облетела весь мир, и многие фирмы начали разрабатывать масс-рефлектроны. Через ~10 лет были разработаны приборы с $R = 10000$. Фото внутреннего устройства такого прибора фирмы Брукер я Вам посылаю. В нем сразу закладывается 100 образцов; на анализ одного образца уходят секунды.

Американский ученый Крейг Винтер создал “цех” из таких приборов, и была быстро закончена расшифровка генома человека (10^9 генов!). Сейчас начата международная программа протеома человека ($< 10^6$ клеток!); это позволит резко сократить время создания “лекарств без побочных действий” (см. приложенный файл “Крейг Винтер” (взято из интернета)).



Член-корреспондент РАН Борис Александрович Мамырин

Небольшие рефлектроны применяются в медицине, для контроля продуктов, в криминологии, допингового контроля и т. п. И, конечно, при исследованиях в химии и физике. Многие подробности и схемы есть в посылаемых оттиках.

Мы разработали специальные автоматизированные масс-рефлекторные установки для контроля металлургических процессов...»

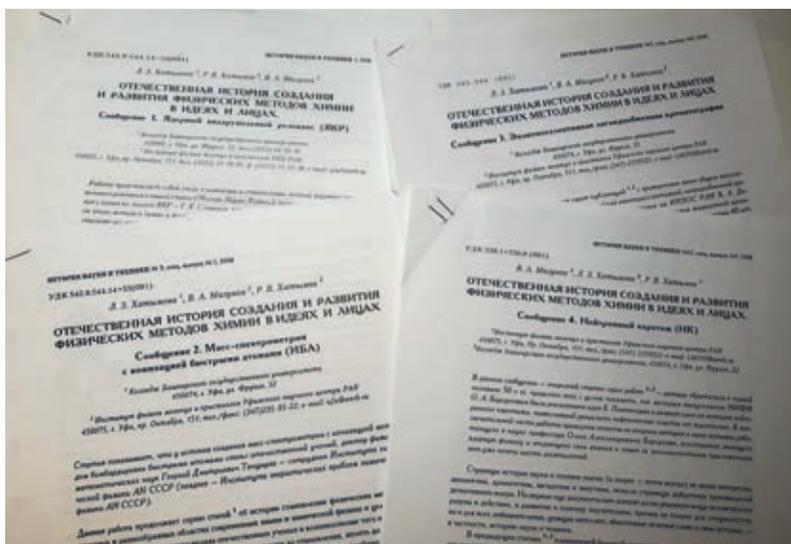
4.8. Институт физики молекул и кристаллов Уфимского ФИЦ РАН

Группа сотрудников этого института работает в области масс-спектрометрии отрицательных ионов, образующихся в результате резонансного захвата электрона (М.В. Муфтахов, Р.В. Хатымов и другие), продолжая и развивая исследования, начатые В.И. Хвостенко (1933–1996) в Институте химии Уфимского научного центра. Результаты последних лет освещены в большой статье [1] и серии других работ.



Здание Института физики молекул и кристаллов Уфимского ФНЦ

Кроме того, Л.З. Хатымова, Р.В. Хатымов и В.А. Мазунов публиковали статьи об истории различных методов анализа – ядерного квадрупольного резонанса [2], масс-спектрометрии с ионизацией быстрыми атомами [3], энантиоселективной лигандообменной хроматографии [4], нейтрального каротажа [5].



Статьи уфимской группы об истории некоторых методов

Литература

1. *Хатымов Р.В., Терентьев А.Г.* Современное состояние и возможности метода масс-спектрометрии отрицательных ионов для решения аналитических задач. Изв. Академии наук. Сер. химич. 2021. Т. 70, № 4. С. 605–646.
2. *Хатымова Л.З., Хатымов Р.В., Мазунов В.А.* Отечественная история создания и развития физических методов химии в идеях и лицах. Сообщ. 1. Ядерный квадрупольный резонанс (ЯКР). История науки и техники. 2006. № 1. С. 17–27.
3. *Хатымова Л.З., Хатымов Р.В., Мазунов В.А.* Отечественная история создания и развития физических методов химии в идеях и лицах. Сообщ. 2. Масс-спектрометрия с ионизацией быстрыми атомами. История науки и техники. 2008. № 3, спец. выпуск № 1. С. 56.
4. *Хатымова Л.З., Хатымов Р.В., Мазунов В.А.* Отечественная история создания и развития физических методов химии в идеях и лицах. Сообщ. 3. Энантиоселективная лигандообменная хроматография. История науки и техники. 2008. № 5, спец. выпуск № 2 С. 73.
5. *Мазунов В.А., Хатымова Л.З., Хатымов Р.В.* Отечественная история создания и развития физических методов химии в идеях и лицах. Сообщ. 4. Нейтральный каротаж (НК). История науки и техники. 2008. № 12, спец. выпуск С. 9–22.

4.9. Другие институты физического профиля

В ряде физических научных учреждений создаются и исследуются материалы, например полупроводниковые или пьезочувствительные, на основе которых можно создавать химические сенсоры, прежде всего газовые. Разрабатываются многочисленные нанотехнологические, лазерные и иные средства медицинской диагностики, основанные на обнаружении, а иногда и на количественном определении маркеров заболеваний.

В Институте физики твердого тела в 2020–2021 гг. разработан способ быстрого количественного определения коронавируса SARS-CoV-2 на основе рамановской спектроскопии с полным внешним отражением.

Из газетного сообщения: «Берут пробу слюны, на нее светят лазером, и через несколько секунд готов результат, причем аппаратура при этом используется достаточно простая. Применяемые сейчас экспресс-тесты дают довольно большую ошибку, а в данном случае, по крайней мере, можно точно определить, что ковида у пациента нет».

Глава 5

ОТДЕЛЕНИЕ НАНОТЕХНОЛОГИЙ И ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

5.1. Институт аналитического приборостроения

Это известное научное учреждение имело в качестве своего предшественника Специальное конструкторское бюро аналитического приборостроения АН СССР, созданное в Ленинграде. В 1977 г. научно-исследовательская часть СКБ была выделена в виде института и стала самостоятельной организацией, головной частью Научно-технического объединения Академии наук СССР. Директорами СКБ и института были члены-корреспонденты АН СССР В.А. Павленко, М.Л. Александров и Н.И. Комяк, д.т.н. В.Е. Курочкин, с 2022 г. директором является д.т.н. А.А. Евстапов.



Здание Института аналитического приборостроения

Основные научные направления института (как они декларируются на сайте института):

- Методы и приборы диагностики поверхности, элементного и структурного анализа веществ и соединений.
- Методы и приборы нанотехнологии и нанодиагностики. Наноструктуры.
- Методы и приборы для исследований в науках о жизни и медицине. Микро- и наносистемная техника, нанобиотехнология.

– Информационные технологии, системы автоматизации, математическое моделирование в научном приборостроении.

Более существенно в аспекте нашей книги назвать аналитические методы, для которых институт разрабатывает приборы. Это масс-спектрометрия, электронная микроскопия, электрохимические методы, поляризационно-оптические, методы разделения. Особое внимание уделяется разработке приборов биомедицинского назначения. Институт разрабатывал и разрабатывает приборы для капиллярного электрофореза, серию масс-спектрометров, в том числе для изотопного анализа урана, хромато-масс-спектрометры, ион-дрейфовый спектрометр, микрочиповые устройства, планетарную центрифугу, устройства для ПЦР-анализа в режиме реального времени, устройства для выделения и концентрирования нуклеиновых кислот.

Институт с 1991 г. издает журнал «Научное приборостроение». Ему предшествовало издание научно-технических сборников с тем же названием в период с 1982 по 1990 г. Широкопрофильный журнал освещает фундаментальные и прикладные проблемы современного научного приборостроения практические во всех естественнонаучных областях – физике, химии, биологии, медицине и др.

Структура института, взятая с его сайта, точнее перечень научных подразделений:

Отдел методов и приборов нанотехнологии

Лаборатория приборов и методов эпитаксиальных нанотехнологий, заведующий к.ф.-м.н. И.В. Штром.

Лаборатория сканирующей зондовой микроскопии и спектроскопии, заведующий д.ф.-м.н. А.О. Голубок.

Отдел масс-спектрометрии

Лаборатория оптики заряженных частиц и математического моделирования, заведующий к.ф.-м.н. А.П. Щербаков.

Лаборатория биомедицинской масс-спектрометрии, заведующий к.ф.-м.н. Т.В. Помозов.

Лаборатория экологической масс-спектрометрии, заведующий д.ф.-м.н. А.С. Бердников.

Отдел методов и приборов биотехнологии и медицины

Лаборатория методов и приборов иммунного и генетического анализа, заведующий д.т.н. В.Е. Курочкин.

Лаборатория информационно-измерительных био- и хемосенсорных микросхем, заведующий д.т.н. А.А. Евстапов.

Лаборатория систем детектирования частиц и излучений, заведующий И.В. Чубинский-Надеждин.

Лаборатория медико-аналитических методов и приборов, заведующая к.ф.-м.н. А.Ю. Зайцева.

Лаборатория радио- и оптоэлектронных приборов биоинформационных и геномных технологий ранней диагностики патологий живых систем, заведующий д.т.н. К.В. Зайченко.

Основные достижения института, представляющие интерес для аналитической химии и отраженные на институтском сайте, приведены ниже.

1. На основе метода мягкой ионизации ЭРИ АД («электроспрей») интенсивно развивается биоорганическая масс-спектрометрия – разработаны времяпролетные масс-спектрометры (ВПМС) с ортогональным вводом ионов и источниками ионов типа «электроспрей» и «нанозэлектроспрей». Реализован хромато-масс-спектрометрический комплекс ХЖ-МС для исследования задач в области протеомики. Разработаны принципы построения многоотражательных ВПМС с полным диапазоном масс.

2. Разработан метод масс-спектрометрического изотопного анализа актинидов на уровне содержания от единиц фемтограмм в образцах техногенного и растительного происхождения для программы МАГАТЭ по контролю за нераспространением ядерного оружия.

3. На основе моделирования физических процессов, происходящих при движении заряженных частиц в электродинамических полях, реализован двухступенчатый интерфейс для масс-спектрометрических источников ионов с электрораспылением для прецизионного определения нанообъектов.

4. Важным достижением последних лет явилось участие института в разработке приборного ряда специализированных масс-спектрометров МТИ-350 для ядерно-топливного комплекса.

5. Разработана экспериментальная микрореакторная установка, реализующая подход «лаборатория-на-мишени» за счет интеграции всех стадий пробоподготовки при моделировании биотрансформации ксенобиотиков в рамках одной платформы на основе МАЛДИ мишени.

6. Разработаны варианты аналитических приборов на основе электрофлореза на микрофлюидном чипе с детектором лазерно-индуцированной флуоресценции, прототипы микрофлюидных устройств для методов высокочувствительной молекулярной диагностики и для исследований на уровне отдельных клеток, бактерий и биомолекул.

7. Реализован принципиально новый подход, позволяющий проводить измерения исходного количества специфической ДНК (РНК) в пробе в широком динамическом диапазоне от единичных до 10⁹ копий. На базе представления амплификации как ветвящегося процесса с двумя типами частиц обеспечена возможность точного определения единичных копий. Создана линейка приборов АНК для анализа ДНК и РНК на основе ПЦР в режиме реального времени.

8. Разработаны технологии синтеза полых и монолитных капиллярных колонок с заданными физико-химическими параметрами сорбента. Для модифицирования поверхности кварца и синтеза полимерного сорбента использована электронно-лучевая обработка. Перспективное использование – электрохроматография.

9. На основе развития ионно-оптической теории предложены и опробованы новые схемы вакуумных транспортирующих интерфейсов для устройств ортогонального ввода ионов во времяпролетные масс-спектрометры с коллимацией ионов на высоких энергиях, характеризующиеся высокой трансмиссией и устойчивостью работы.

Научные результаты явились основой для разработки новых аналитических приборов, среди них: масс-спектрометры для изотопного, элементного и биоорганического анализа; спектрометры Мёссбауэра; упомянутые

анализаторы серии АНК для ПЦР в реальном времени; секвенаторы ДНК (Нанофор 05, Нанофор СПС); лазерный анализатор клеток ДСКФ-01; иммуноанализаторы; приборы пробоподготовки и др.

Особое место занимают работы д.ф.-м. наук Лидии Николаевны Галль.

Вот выдержка из статьи в журнале «Научное приборостроение», посвященной Л.Н. Галль в связи с ее юбилеем (с небольшими купюрами) [1].

«Работы Л.Н. Галль посвящены развитию одного из наиболее мощных инструментальных средств аналитической химии – масс-спектрометрического анализа веществ и соединений. Ею исследованы и оптимизированы наиболее часто применяемые в масс-спектрометрии методы ионизации: ионизация газов и паров электронным ударом, поверхностная ионизация солей и окислов трудноионизируемых веществ, ионизация атомов и молекул в сильных электрических полях, ионизация твердых образцов в тлеющем разряде и в плазме дугового разряда, предложен и разработан новый метод элементного анализа диэлектриков – ионизация в скользящем разряде.

Одним из важнейших достижений Л.Н. Галль явилось создание нового метода масс-спектрометрического анализа нелетучих органических, неорганических веществ и биополимеров – экстракция ионов из растворов при атмосферном давлении (ЭРИ АД). Метод ЭРИ АД нашел широкое применение и под названием "электроспрей" стал основой современной масс-спектрометрии для биологических и медицинских приложений.

Разработанная Л.Н. Галль концепция движения заряженных частиц в фазовом пространстве дала возможность развить теорию масс-спектрометрических приборов. Это позволило проводить их конструирование непосредственно на основе сквозных расчетов всего ионно-оптического тракта прибора от области ионизации до регистрирующей системы без предварительного дорогостоящего процесса макетирования. На основе ее теоретических и экспериментальных результатов созданы новые приборно-аналитические комплексы для решения задач аналитической химии, ядерной физики, биохимии, медицины и экологии. Наиболее известными разработками, выполненными Л.Н. Галль и при ее участии в период с 1960 г. по настоящее время, являются масс-спектрометры МИ 1306, МВ 3301, МС 1303, МС 3301, МХ 1320, МИ 1320, МХ 1310, МИ 3304, МСД 650, комплекс изотопных масс-спектрометров для технологического контроля урана и трансурановых элементов в ядерно-топливном цикле МТИ 350 (Г, ГП, ГС, Т), сверхкритический флюидный экстрактор, противоточный экстрактор-хроматограф, дрейф-спектрометры для контроля химического заражения окружающей среды, квадрупольный хроматомасс-спектрометр.

При непосредственном участии Л.Н. Галль были организованы новые лаборатории математического моделирования, мёсбауэровской спектроскопии, туннельной микроскопии и спектроскопии, экологической и медицинской масс-спектрометрии, акустических средств анализа и подготовки проб.

Научная деятельность Л.Н. Галль неразрывно связана с педагогической. Созданная ею школа аналитической масс-спектрометрии включает несколько десятков ученых – докторов и кандидатов наук».



Доктор физико-математических наук Лидия Николаевна Галль

Недавно Л.Н. Галль удостоена престижной международной награды – золотой медали им. Томсона, высшей награды мирового масс-спектрометрического сообщества. О Л.Н. Галль опубликована интересная статья в журнале «Лаборатория и производство» [2].

На 10-м съезде Всероссийского масс-спектрометрического общества (18–22.10.2021) сотрудник института д.ф.-м.н. М.И. Явор представил доклад о совместной работе с коллегами из Физико-технического института им. А.Ф. Иоффе и Объединенного института ядерных исследований о проекте спектрометра для очень точного определения масс сверхтяжелых элементов. Вместе со сверхвысокой разрешающей способностью масс-спектрометр должен обеспечивать малое время измерений, поскольку сверхтяжелые ядра имеют, как правило, очень малое время жизни. В основу прибора положен времяпролетный масс-спектрометр с масс-рефлектроном.



Доктор технических наук Владимир Ефимович Курочкин

Доктор технических наук Владимир Ефимович Курочкин, долгие годы работавший директором института, развивает физические основы создания приборов иммунного, генетического и химического экспресс-анализа. Обнаружен и изучен эффект ускорения иммунных реакций ультразвуком, изучен механизм самоорганизации в реакциях иммунной преципитации. Создан новый класс приборов – био- и хемосенсорные информационно-измерительные системы. Разработаны приборы капиллярного электрофореза «Нанофор 01», анализаторы нуклеиновых кислот в реальном масштабе времени серии АНК, первые отечественные секвенаторы нуклеиновых кислот «Нанофор 05» и «Нанофор СПС», анализатор реакций иммунной преципитации. Предложен наноэлектрохроматограф.



Доктор технических наук Анатолий Александрович Евстрапов

Доктор технических наук Анатолий Александрович Евстрапов проводит работы в области микрогидродинамики (микрофлюидики), аналитических устройств для исследований в биохимии и медицине на основе микро- и нанотехнологий (микроаналитические системы, «лаборатория на чипе»). Разработаны и созданы прототипы: микрофлюидных систем на основе электрофореза для анализа биопроб; микрочипов для изучения клеток; микрочиповых устройств для выделения нуклеиновых кислот и их анализа с использованием методов амплификации; микрофлюидных чипов для секвенирования нуклеиновых кислот и др.

Литература

1. Профессор Л.Н. Галль – юбиляр. Научное приборостроение. 2009. Т. 19, № 14. С. 115–116.
2. Шахнович О.А. Лидия Николаевна Галль – лауреат высшей международной награды в области масс-спектрометрии// Лаборатория и производство. 2022. № 1–2. С. 60.

5.2. Институт проблем технологии микроэлектроники и особо чистых материалов

Исследования ИПТМ в области аналитической химии уходят своими корнями в работы аналитических групп Института физики твердого тела, созданного в 1963 г. в Черноголовке. Эти работы были нацелены главным образом на анализ веществ высокой чистоты. Сотрудники развивали масс-спектрометрические, нейтронно-активационные, атомно-эмиссионные методы элементного анализа, разрабатывали приемы определения органических примесей. В 1973 г. отдельные аналитические группы института были объединены в аналитический отдел во главе со Светланой Степановной Гражулене. Отдел быстро приобрел репутацию одного из основных отечественных центров анализа веществ высокой чистоты. Сотрудники отдела выполняли научную работу и работу по обслуживанию института, участвовали в аттестации самых чистых металлов, предназначенных для выставки-коллекции веществ особой чистоты в Нижнем Новгороде, в изготовлении стандартных образцов [1].

В 1984 г. на базе отдела чистых веществ Института физики твердого тела был образован Институт проблем технологии микроэлектроники и особо чистых материалов (ИПТМ), в который целиком перешел и аналитический отдел, пополнившийся в последующие годы дополнительными методами анализа – атомно-абсорбционным и атомно-флуоресцентным, электрохимическими, ИСП-ФЭС и ИСП-МС, а также высококвалифицированными молодыми специалистами, в основном воспитанниками кафедры аналитической химии МГУ: Ю.И. Попаңдопуло, В.Ю. Надь, В.А. Хвостиков, О.И. Харитоновна и др. Отдел разрабатывал методики высокочувствительного определения микропримесей в высокочистых сложных полупроводниковых соединениях, способы оценки отклонения от стехиометрии этих веществ с высокой точностью, в том числе в тонких пленках.

Основные результаты, полученные в аналитическом отделе, достаточно детально представлены в материалах статьи [1]. Наиболее важные из них можно обобщить.



Здание Института проблем технологии микроэлектроники и особо чистых материалов

– Создан комплекс методов анализа высокочистых теллуридов А2В6, А4В6, их твердых растворов и исходных компонентов, увеличивающих чувствительность определения микропримесей на 1-3 порядка, прецизионность определения основных компонентов в 8-10 раз, разрешение при послойном анализе до 0,02 мкм.

– Предложен ряд оригинальных, в том числе унифицированных, способов многоэлементного экстракционно-хроматографического концентрирования примесей в высокочистых веществах для атомно-спектроскопических и ядерно-физических методов анализа с использованием эффектов соэкстракции и подавления экстракции микроэлемента макрокомпонентом.

– Термодинамически обоснован и найден ряд эффективных решений для существенного улучшения метрологических характеристик атомно-эмиссионного метода анализа твердых образцов путем фракционного фторирования составляющих компонентов и ввода газообразных продуктов в плазму спектрометра.

– Разработаны конструкции и созданы опытные образцы спектрометров для бездисперсионного атомно-флуоресцентного анализа на основе новых типов атомизаторов (вольфрамового и с катодным распылением) с различными, в том числе лазерными, источниками возбуждения. С их использованием разработан комплекс высокочувствительных методик анализа твердых, жидких и газообразных материалов, важных для микроэлектроники. Совместно с немецкими коллегами создан атомно-флуоресцентный спектрометр для определения тяжелых элементов в агрессивных технологических газах.



Доктор химических наук Светлана Степановна Гражулене

Д.х.н. С.С. Гражулене руководила аналитическим отделом в ИФТТ-ИПТМ более 30 лет, была инициатором большинства научных направлений, создавая и совершенствуя аналитическую базу отдела. На базе аналитических лабораторий в ИПТМ был в 1993 г. создан аналитико-сертификационный центр, аккредитованный Госстандартом России. Руководство АСЦ с этого времени в течение последующих 10 лет было возложено на С.С. Гра-

жулене. В рамках работы центра проведены работы по мониторингу объектов окружающей среды в Черноголовке, выполнялся значительный объем работ по аналитическому контролю водных ресурсов различных регионов России. С 2005 г. усилия С.С. Гражулене направлены на создание и развитие наноаналитики. В ИИТМ фактически впервые в стране начаты работы по исследованию аналитических возможностей различным способом модифицированных углеродных нанотрубок. Опубликовано много работ, посвященных исследованию возможностей УНТ в различных областях аналитики, в том числе в содружестве с коллективами аналитиков, руководимых Г.К. Зиятдиновой, Т.А. Кучменко, Т.Н. Ермолаевой.

В Научном совете АН СССР (РАН) по аналитической химии С.С. Гражулене отвечала за организацию и проведение регулярного Аналитического российско-германо-украинского симпозиума (АРГУС). Их было проведено десять, последний в 2007 г. в Саратове.



Кандидат химических наук Василий Константинович Карандашев

Сотрудник института к.х.н. Василий Константинович Карандашев – один из самых опытных в стране специалистов по атомно-эмиссионному и масс-спектрометрическому анализу с индуктивно связанной плазмой. Он помогал осваивать эти методы и особенно соответствующие приборы многим коллегам в различных учреждениях. Василий Константинович – руководитель аналитико-сертификационного центра института (после его реорганизации в 2003 г.), член редколлегии «Журнала аналитической химии», соавтор книги «Очерки российской аналитической химии» [2].



Доктор физико-математических наук Георгий Георгиевич Сихарулидзе

Д.ф.-м.н. Георгий Георгиевич Сихарулидзе, работавший в институте до переезда в Германию, – известный масс-спектрометрист. Он разработал новый ионный источник тлеющего разряда на базе полого катода для элементного анализа твердых тел (в том числе непроводящих) и газов с высокой чувствительностью.

Литература

1. *Гражулене С.С.* Аналитика и аналитики Института проблем технологии микроэлектроники и особочистых материалов (ИПТМ РАН). Журн. аналит. химии. 2018. Т. 73. № 4. С. 308–313.
2. *Золотов Ю.А., Карандашев В.К. (авторы-составители).* Очерки российской аналитической химии. М.: Курс. 2012. 536 с.

Глава 6

ОТДЕЛЕНИЕ НАУК О ЗЕМЛЕ

Многие области науки, изучающие Землю, нуждаются в исследовании химического состава их объектов. Это прежде всего относится к геохимии, важно также для поисковиков, отыскивающих новые месторождения, да и не только для них. Поэтому в большинстве научных учреждений рассматриваемого здесь профиля есть аналитические лаборатории, иногда крупные аналитические отделы, а Институт геохимии и аналитической химии им. В.И. Вернадского – вообще ведущий академический институт в области аналитической химии.

6.1. Институт геохимии и аналитической химии имени В.И. Вернадского

Этот ведущий в плане аналитической химии академический институт был создан в 1947 г. на базе Лаборатории геохимических проблем АН СССР под руководством члена-корреспондента АН СССР, будущего академика Александра Павловича Виноградова.



Здание Института геохимии и аналитической химии им. В.И. Вернадского

В институте вскоре сформировалось два отдела – геохимический и аналитический. Аналитический последовательно возглавляли Д.Н. Рябчиков, П.Н. Палей, Ю.А. Золотов, Б.Ф. Мясоедов, Л.А. Грибов, В.П. Колотов,

С.Е. Винокуров. Формированию и росту института способствовало его участие в крупных государственных проектах, начиная с атомного (А.П. Виноградов отвечал за аналитическое обеспечение этого проекта).



Академик АН СССР Александр Павлович Виноградов (1895–1975)

Долгое время институт был базой Комиссии по аналитической химии АН СССР, затем соответствующего научного совета, «Журнала аналитической химии» (и остается такой базой), многочисленных научных конференций, подготовки книжных серий, организации международных контактов аналитиков. Главное же – сотрудники института внесли крупный вклад во многие направления аналитической химии. В числе этих направлений органические аналитические реагенты, методы разделения и концентрирования (экстракция, сорбция и др.), спектроскопические и масс-спектрометрические методы, электрохимические и хроматографические методы, аналитическая химия редких, платиновых и радиоактивных (в том числе актинидных) элементов, определение газообразующих примесей в металлах, анализ геологических объектов и объектов окружающей среды.

Органические аналитические реагенты. Это направление, потерявшее теперь в значительной мере свою актуальность, в 1940–1970 гг. играло в аналитической химии очень существенную роль. Речь шла прежде всего об органических реагентах для фотометрического определения ионов металлов – эти методы в свое время были в числе ведущих. Ключевыми игроками в ГЕОХИ в этой сфере были профессор Виталий Иванович Кузнецов (1909–1987) и его ученик профессор Сергей Борисович Саввин (1931–2014), а также другие ученики В.И. Кузнецова – Н.Н. Басаргин, Ю.М. Дедков, Г.В. Мясоедова и другие.

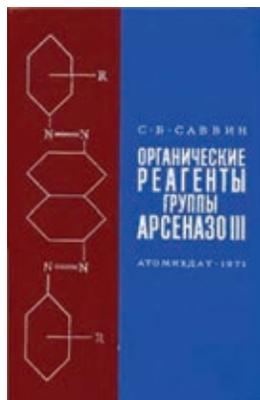


Доктор химических наук Виталий Иванович Кузнецов

В.И. Кузнецов предложил несколько реагентов, например для определения урана или тория, которые получили довольно широкое распространение, и не только в СССР (реагенты уранон и др.). Особенно широко, и во многих странах, применялся синтезированный С.Б. Саввиным реагент арсеназо III. Крупные фирмы, производители химических реактивов, выпускали несколько реагентов, предложенных в ГЕОХИ, особенно арсеназо III.



Доктор химических наук
Сергей Борисович Саввин



Книга С.Б. Саввина о реагентах типа
арсеназо III

Не менее важным был вклад В.И. Кузнецова в теорию взаимодействия органических комплексообразующих реагентов с ионами металлов (так называемая «гипотеза аналогий» и др.). В.И. Кузнецов организовал в институте в начале 1950-х годов семинар по органическим реагентам, заседания которого посещали и сотрудники других учреждений (один из авторов этой книги ходил на семинар будучи студентом-дипломником МГУ).



1961 год. Сотрудники лаборатории органических реагентов.

Слева направо: Н.Н. Басаргин, В.В. Горшков, В. Костицына, Т.Г. Акимова, Г.В. Мясоедова, Н.С. Классова, Т.В. Петрова, О.П. Елисеева (Швоева), Аурора Мук (Югославия), А.П. Жидикова, М.П. Фисенко, Р.Ф. Грачева, С.Б.Саввин, В.П. Дедкова

Знания и опыт, накопленные лабораторией, которую после В.И. Кузнецова долго возглавлял С.Б. Саввин, были использованы при разработке эффективных комплексообразующих сорбентов (д.х.н. Галина Владимировна Мясоедова) серии «Полиоргс» и других. Такие сорбенты были использованы для концентрирования ионов металлов, в том числе платиновых, перед их определением различными методами.



Доктор химических наук Галина Владимировна Мясоедова

Методы разделения и концентрирования. Это направление всегда было одним из ведущих в институте. Развитие в этой области связано с именами Д.И. Рябчикова, И.П. Алимарина, Ю.А. Золотова, О.М. Петрухина, Б.Я. Спивакова, М.М. Сенявина, А.М. Долгоносова, Р.Х. Хамизова, Б.Ф. Мясоедова, В.И. Кузнецова, Г.В. Мясоедовой, М.П. Волынец и многих других. Основными развиваемыми методами были жидкостная экстракция ионов металлов, ионный обмен и ионообменная хроматография, отчасти соосаждение и некоторые другие методы.

Развита теория экстракции хелатов, понятие о координационно насыщенных и ненасыщенных хелатах применено к оценке и предсказанию влияния растворителя на извлечение ионов. Введено представление о гидратно-сольватном механизме экстракции кислот, в том числе комплексных металлосодержащих. Обнаружено, объяснено и использовано явление подавления экстракции одного элемента другим. Сформулирована теория взаимного влияния элементов при экстракции-соэкстракции и подавления экстракции (Ю.А. Золотов). Предложено несколько оригинальных экстрагентов, разработано много конкретных методов выделения и разделения ионов металлов (Ю.А. Золотов, О.М. Петрухин, Б.Я. Спиваков, В.М. Шкинев, В.В. Багреев и другие). Предложена экстракция неорганических соединений в двухфазных водных системах (Б.Я. Спиваков, В.М. Шкинев).



Коллаж из книг Ю.А. Золотова по экстракции

Ю.А. Золотов награжден медалью имени К. Хансона, присуждаемой Международным комитетом экстракционной химии и технологии (Ю.А. Золотов – единственный специалист из СССР-России, получивший эту медаль).

Развита общая методология аналитического концентрирования и разработано большое число конкретных методов для этого (Ю.А. Золотов, Н.М. Кузьмин). Издано несколько монографий, посвященных концентрированию микроэлементов и гибридным методам анализа (понятие и термин «гибридные методы» введены Ю.А. Золотовым в 1977 г.).



Вручение медали имени К. Хансона Ю.А. Золотову

Лаборатория, занимавшаяся жидкостной экстракцией и концентрированием микроэлементов, которой руководил Ю.А. Золотов, затем Б.Я. Спиваков, считалась лидирующей в этих областях.



Доктор химических наук Николай Михалович Кузьмин



Специалисты по экстракции (слева направо) О.М. Петрухин, Ю.А. Золотов, Б.Я. Спиваков

Лаборатория аналитической химии редких элементов, которой руководили Дмитрий Иванович Рябчиков (1904–1965), затем А.Н. Ермаков, внесла значительный вклад в развитие методов разделения и выделения редкоземельных и других редких элементов (используя различные координационные соединения этих элементов). Подробнее об этой лаборатории см. ниже.

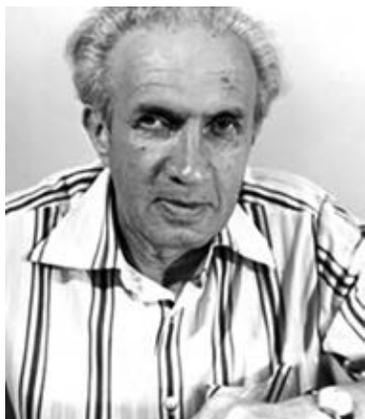


Член-корреспондент АН СССР Дмитрий Иванович Рябчиков

Доктор химических наук Марк Моисеевич Сенявин, руководивший лабораторией сорбционных процессов, был одним из ведущих ученых по ионообменным процессам, он создал школу специалистов в этой области. Хотя направления работы этой школы были в основном физико-химические и технологические (оптимизации ионообменных процессов водоподготовки для тепловых и атомных станций), результаты могли быть в ряде случаев использованы в аналитических целях. В этой лаборатории затем выросла группа, занимающаяся ионной хроматографией (А.М. Долгонос, см. ниже). Предложены теоретические подходы к описанию равновесия и кине-

тики процессов адсорбции, ионного обмена, и созданы компьютерные программы для моделирования методов высокоэффективной газовой и ионной хроматографии с прогнозированием оптимальных решений.

В настоящее время лабораторию сорбционных методов возглавляет доктор химических наук член-корреспондент РАН Руслан Хажсетович Хамизов, известный специалист по ионообменным процессам. Предложены новые сорбционные методы извлечения металлов из морской воды, выделения редкоземельных элементов из концентрированной фосфорной кислоты на основе оригинального метода удержания кислоты.

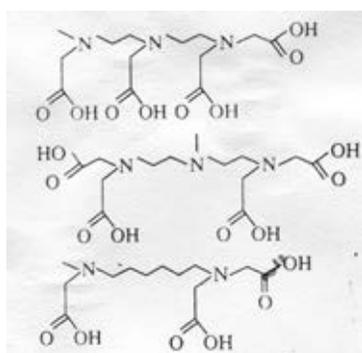


Доктор химических наук
Марк Моисеевич Сенявин



Член-корр. РАН
Руслан Хажсетович Хамизов

Существенный вклад в создание методов концентрирования ионов металлов внесли группа Галины Владимировны Мясоедовой (см. выше о сорбентах «Полиоргс»), а также Григорий Ильич Цизин и Андрей Альфредович Формановский, создавшие комплексообразующие сорбенты ДЕТАТА, эффективно извлекающие большую группу металлов.



Структура сорбентов ДЕТАТА

Эти сорбенты были впоследствии применены в большом числе лабораторий для рентгенофлуоресцентного определения ионов металлов.

Хроматография. Одним из ведущих специалистов в области ионообменной хроматографии, во всяком случае с точки зрения теории и технологических приложений, был Марк Моисеевич Сенявин (1917–1989). Продолжением этих работ в сторону аналитической химии стали исследования в области уже упомянутой ионной хроматографии (М.М. Сенявин, А.М. Долгоносов). Были разработаны первые отечественные сорбенты для этого метода, внесен вклад в его теорию. Создан первый отечественный сорбент для ионной хроматографии (М.М. Сенявин, А.М. Долгоносов вошли в коллектив, удостоенный в 1991 г. Государственной премии РСФСР за развитие ионной хроматографии). Д.х.н. А.М. Долгоносов развивает и другие аспекты теории хроматографического метода.

После М.М. Сенявина лабораторией сорбционных методов руководил д.х.н. Борис Антонович Руденко, опытный специалист по молекулярной (газовой) хроматографии. Он написал и собрал как редактор несколько хороших книг [1–3].



Доктор химических наук
Анатолий Михайлович Долгоносов



Доктор химических наук
Борис Антонович Руденко

На протяжении длительного времени в лаборатории концентрирования (к которой мы возвращаемся) развивается вариант хроматографии, называемый в русскоязычной литературе жидкостной хроматографией со свободной неподвижной фазой (Counter Current Chromatography).



Планетарная центрифуга, изготовленная в ИАП РАН

При этом используются две жидкие фазы и планетарная центрифуга, одна жидкость в ней перемещается относительно другой. Лаборатория в свое время впервые использовала этот метод для неорганического анализа (Ю.А. Золотов, Б.Я. Спиваков (1941–2022), Т.А. Марютина, П.С. Федотов и другие).



Член-корреспондент РАН
Борис Яковлевич Спиваков



Доктор химических наук
Татьяна Анатольевна Марютина



Доктор химических наук
Петр Сергеевич Федотов

Маргарита Павловна Волынец одна из первых стала развивать тонкослойную хроматографию в приложении к неорганическим соединениям. Первые работы по электромиграционным методам разделения форм металлов (в т. ч. электрофорезу) в аналитической химии были выполнены Евгенией Касьяновной Корчемной. Работы по капиллярному электрофорезу активно проводили д.х.н. А.Р. Темирбаев, к.х.н. Н.Г. Ванифатова.

Электрохимические методы. Работы по полярографии были начаты в институте с подачи А.П. Виноградова еще в конце 1930 г. (С.И. Синякова, с 1944 г. – Я.П. Гохштейн). Доктор химических наук Софья Ильинична Синякова (1901–1970) принадлежала к группе наиболее известных в стране специалистов по полярографии. В 1959 г. она вместе с Т.А. Крюковой и Арефьевой опубликовала книгу «Полярографический анализ» [4], она соавтор книги «Полярография урана». В числе первых в СССР Софья Ильинична стала заниматься инверсионной полярографией с накоплением. Кандидат химических наук Янкель Пейсахович Гохштейн (1906 – ?) развивал другие, неклассические, варианты полярографии. Он работал в институте до 1965 г.

Другое направление электрохимических методов, успешно развивавшееся в ГЕОХИ, – кулонометрия (Октябрина Львовна Кабанова и др.), особенно в приложении к определению платиновых металлов.

В лаборатории радиохимии были разработаны электрохимические методы определения ряда элементов актиноидного ряда (И.С. Складенко, И.Г. Сентюрин и др.)

В лаборатории прецизионного аналитического приборостроения (И.С. Абрамсон, А.Н. Могилевский, В.А. Славный) был разработан прецизионный кулонометр (с контролируемым потенциалом), примененный для точного определения трансурановых элементов. Кулонометр выпускался предприятием Министерства среднего машиностроения.



Кулонометр (с контролируемым потенциалом), разработанный в 1970-х гг. в институте

В.И. Широкова (вместе с Г.К. Будниковым) написала несколько статей о развитии электрохимических методов в нашей стране [5–7].

Активно проводились работы по созданию новых ионноселективных электродов (В.А. Заринский, Л.К. Шпигун).

Спектроскопические методы. Атомно-эмиссионный анализ использовался и развивался в институте фактически на протяжении всей его истории (Т.Ф. Боровик-Романова, А.В. Карякин, Ю.И. Беляев, Э.М. Седых, Л.И. Павленко, в последнее время (с ИСП) – В.П. Колотов, О.Н. Гребнева-Батюк и другие). Разрабатывались комбинированные и гибридные методы, включающие оригинальные приемы концентрирования (последние привносили Ю.А. Золотов, Г.И. Малофеева, Г.В. Мясоедова, Г.И. Цизин и другие).

Оригинальный атомно-эмиссионный метод с использованием разряда в потоке водного раствора разрабатывают Б.К. Зуев, В.В. Ягов и их сотрудники.

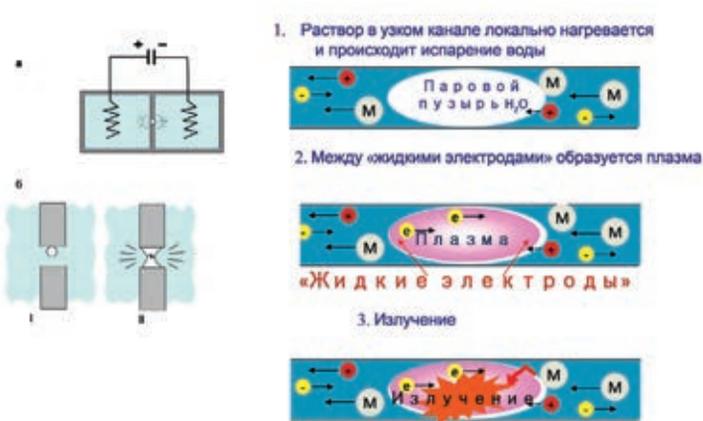


Схема метода атомно-эмиссионного анализа в водном растворе

Под руководством Ю.И. Беляева проводились работы и по атомно-абсорбционному анализу. Любопытную для своего времени разработку осуществили сотрудники лаборатории прецизионного приборостроения И.С. Абрамсон, В.А. Славный и другие. В 1970-х гг. они создали первый или один из первых многоэлементный атомно-абсорбционный спектрометр с непрерывным источником света (ксеноновой лампой). К сожалению, прибор не удалось тогда довести до серии. Через много лет после этого первый массовый спектрометр с такого типа источником сплошного спектра стала производить фирма «Аналитик Йена».

Под руководством д.х.н. А.В. Карякина проводились исследования по молекулярной спектроскопии, ИК-спектроскопии, фотохимии, применению лазеров в спектральном анализе, эмиссионной и атомно-абсорбционной спектроскопии, люминесцентному анализу. В частности, с помощью ИК-спектроскопии решались некоторые вопросы теории экстракции.

Масс-спектрометрия. Первыми шагами масс-спектрометрии в ГЕОХИ были работы по созданию и применению масс-спектрометрических приборов для изотопного анализа геологических и растительных объектов. Аналитическая элементная масс-спектрометрия стала развиваться в 1960 гг. с появлением искрового метода и приобретением соответствующих приборов московскими организациями. В этой области работала группа, возглавлявшаяся д.т.н. М.С. Чупахиным (Г.Н. Рамендик, С.Н. Крючкова и др.). Были разработаны оригинальные варианты анализа, например непроводящих или жидких объектов, написана монография [8].



Книга М.С. Чупахина, О.И. Крючковой и Г.И. Рамендика «Аналитические возможности искровой масс-спектрометрии»

Дальнейшее развитие шло по нескольким направлениям.

1. Изотопная масс-спектрометрия представлена исследованиями В.С. Севастьянова, который работает с легкими элементами (углерод и др.), Ю.А. Щуколюкова и Ю.А. Костицина – работы в области геохимии.

2. Масс-спектрометрия с индуктивно связанной плазмой для элементного анализа геологических и других объектов (член-корр. РАН В.П. Колотов и другие).



Член-корреспондент РАН
Владимир Пантелеймонович Колотов



Доктор химических наук
Александр Анатольевич Гречников

3. Современные варианты молекулярной масс-спектрометрии (SALDI и др.), развиваемые А.А. Гречниковым совместно с Институтом общей физики РАН. В научном плане эти исследования весьма интересны.

Широкий отклик в стране и мире имели теоретические работы по колебательной спектроскопии, проводившиеся под руководством члена-корреспондента РАН Л.А. Грибова (1933–2021), который, как было уже отмечено выше, некоторое время возглавлял аналитический отдел института. Теоретические положения реализованы в виде экспертных систем, получивших широкое распространение. Разработана общая теория химических реакций сложных молекул. Лев Александрович написал и издал большое число монографий, в числе которых были и затрагивающиеся аналитические проблемы.



Член-корреспондент РАН Лев Александрович Грибов

Ряд работ Л.А. Грибов выполнил с профессиональными аналитиками – с С.Б. Саввиным, Ю.А. Золотовым и другими.

Люминесцентный метод развивала и развивает в ГЕОХИ д.х.н. Галина Ивановна Романовская. В частности, она выполнила серию работ по использованию «эффекта Шпольского» для определения полиароматических углеводородов, и не только, по созданию чувствительных методов определения веществ с использованием наночастиц серебра.

В области рентгеновских методов анализа: Николай Петрович Ильин был в числе первых, кто стал развивать рентгенофлуоресцентный микроанализ. В настоящее время рентгеновские методы (электронный зонд и рентгенофлуоресцентный анализ) занимают существенное место в институтском арсенале аналитических методов (Т.Г. Кузьмина, Н.Н. Кононова и другие в лаборатории, которой руководит В.П. Колотов).

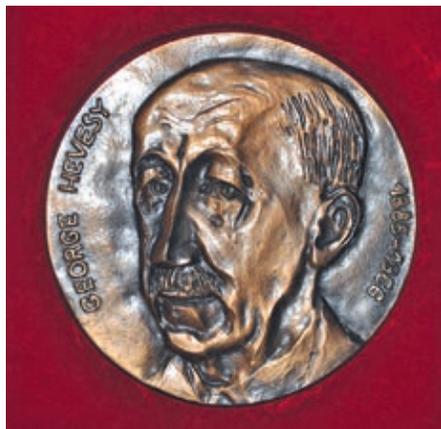
Радиохимические методы. Институт был одним из основных центров в стране по становлению и применению радиоактивационного (нейтронно-активационного) анализа. Соответствующую группу в лаборатории И.П. Алимарина возглавлял Юрий Всеволодович Яковлев. Были разработаны методы определения примесей в высокочистых веществах (Государственная премия 1972 г.) и многих других объектах, внесен заметный вклад в развитие математического моделирования для компьютерной обработки сложных гамма-спектров, данных активационного анализа, автордиографических изображений, разработки нового класса конструкционных материалов с ускоренным спадом наведенной радиоактивности и др. Группа была школой, которую прошли многочисленные стажеры из разных регионов СССР и из других стран.



Кандидат химических наук Юрий Всеволодович Яковлев

На пике интереса к радиохимическим методам анализа развивались и другие методы, например метод изотопного разбавления, в том числе в субстехиометрическом варианте (Г.Н. Билимович).

И.П. Алимарин (1970), Б.Ф. Мясоедов (2012) и В.П. Колотов (2022) удостоены международной награды, присуждаемой за вклад в радиоаналитические методы, – медали Г. Хевеши.



Медаль имени Г. Хевеши

Начинавший как радиохимик сотрудник лаборатории, которую возглавляла А.К. Лаврухина, Г.М. Колесов потом заведовал Центральной лабораторией анализа вещества (ЦЛАВ) и в течение многих лет работал ответственным секретарем редколлегии «Журнала аналитической химии».

Другие методы. Доктор технических наук Борис Константинович Зуев разработал оригинальный метод анализа, который назвал окситермографией [9]. Метод основан на программируемом нагревании анализируемого образца в потоке газа, содержащего кислород и регистрации прореагировавшего или выделившегося в процессе нагревания кислорода (а также других газообразных продуктов). На базе этого метода созданы приборы двух типов, называемые окситермографами, – с использованием воздуха, в среде которого нагреваются образцы, и с применением бинарной смеси кислорода и инертного газа. Метод дает возможность быстро определять содержание органических веществ в воде (по аналогии с ХПК – химическим потреблением кислорода), содержание в грунтах, оценивать «жирность кожи» человека и т. д.

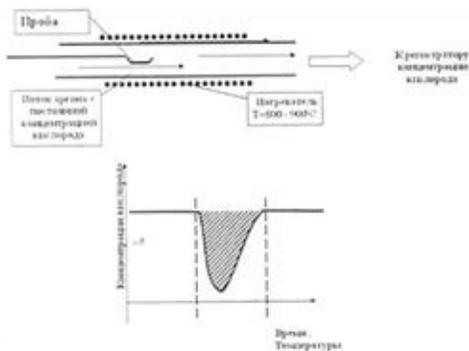
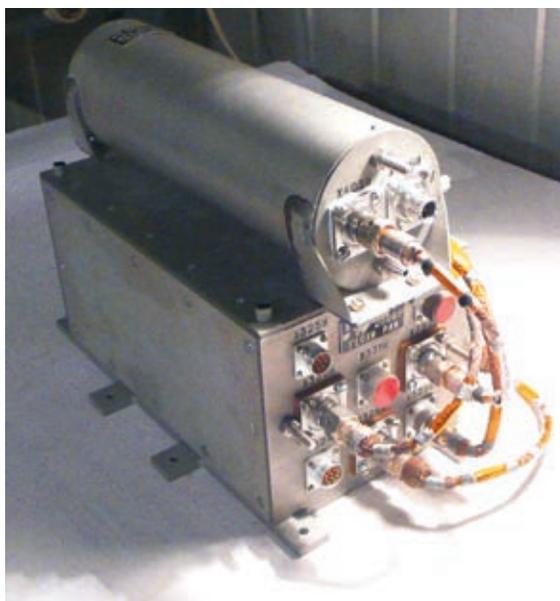


Схема реализации метода окситермографии



Доктор технических наук Борис Константинович Зуев

Под руководством Б.К. Зуева был разработан масс-спектрометр для размещения в космическом аппарате, создававшемся по проекту «Фобос-Грунт».



Масс-спектрометр для проекта Фобос-Грунт



Тот же масс-спектрометр, вмонтированный в космический модуль

Доктор химических наук Ирина Витальевна Кубракова одна из первых в России стала многопланово применять микроволновое излучение (не только для разложения проб). И.В. Кубракова возглавляет лабораторию геохимии и аналитической химии благородных металлов. Широко использует спектроскопические методы, развивая некоторые из них.

В лаборатории прецизионного аналитического приборостроения разработаны (А.Н. Могилевский, Н.С. Строганова, А.А. Гречников) пьезорезонансные химические сенсоры для определения ряда приоритетных загрязнителей атмосферы (ртути, аммиака, 1,1-диметилгидразина и др).

Аналитическая химия редких и платиновых элементов. В 1950–1970 гг. много внимания уделялось аналитической химии редкоземельных элементов (член-корреспондент АН СССР Д.И. Рябчиков и возглавляемая им лаборатория), но и не только. Изучались комплексные соединения этих элементов и их (комплексов) использование для разделения смеси РЗЭ.



Лаборатория аналитической химии редких элементов.
Сидят (слева направо): В. Бокина, А. Бекчурина, Д.И. Рябчиков, аспирант?, И.Н.Маров; стоят (слева направо): Г.М. Колосова, Н.К. Щипакина (Галкина), В.К. Беляева, Н. С. Строганова, В.А.Рябухин, аспирантка ?, М.П. Вольнец, Н.С. Вагина, ?, Л. Александрова, В.А. Заринский

После гибели Д.И. Рябчикова в автокатастрофе лабораторию возглавлял доктор химических наук Анатолий Николаевич Ермаков.

Из других редких элементов, изучавшихся в лаборатории, надо назвать рений, которым занималась Л.В. Борисова.



Кандидат химических наук Л.В. Борисова.
США. Флорида, 1997 год. Конференция, посвященная 75-летию со дня открытия рения

Начинавшие работать в этой лаборатории М.М. Сенявин и Г.М. Варшал возглавляли потом другие лаборатории.



Доктор химических наук Галина Моисеевна Варшал,
заведовавшая Центральной лабораторией химического анализа

Определение газов в металлах. Работы в этом направлении были начаты в 1950-х гг. в институте к.ф.-м.н. З.В. Туровцевой, перешедшей в ГЕОХИ из ФИАНа, и позднее в широком масштабе развернуты доктором технических наук Львом Лазаревичем Куниным (1920–1990), ранее работавшим в ЦНИИЧЕРМЕТе. Кунин возглавил лабораторию, разработавшую ряд оригинальных методов определения – водорода, кислорода и других газообразующих элементов в металлах и сплавах.



Доктор технических наук Лев Лазаревич Кунин

Ведущими сотрудниками лаборатории были А.М. Вассерман, Б.К. Зуев. Для определения газов активно использовали твердые электролиты, газовую хроматографию. Лаборатория занимала ведущие позиции в этой области.

Аналитическая химия актинидов. Исследования и разработки в этом направлении были начаты в ходе выполнения Атомного проекта (А.П. Виноградов, П.Н. Палей и др.). Была создана лаборатория радиохимии, которую возглавлял сначала Петр Николаевич Палей, затем длительное время Борис Федорович Мясоедов.



Доктор химических наук Петр Николаевич Палей

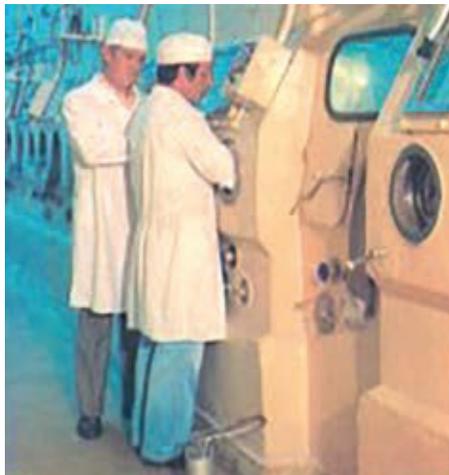


Коллектив лаборатории радиохимии. 2010 год



Академик РАН Борис Федорович Мясоедов

Лаборатория разрабатывала методы разделения актинидов, методы определения урана, нептуния, плутония, в том числе высокоточных (плутония и других элементов) и высокочувствительных (урана, нептуния). Проводились также работы по протактию и актинию.



Цепочка тяжелых боксов для работы с радиоактивными веществами

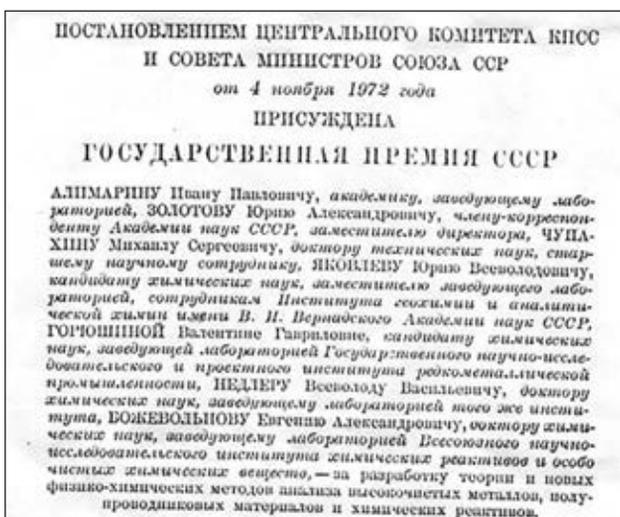
В числе достижений – экстракционные методы разделения и выделения актинидов и лантанидов, люминесцентный метод определения малых количеств нептуния, высокоточное кулонометрическое определение плутония и других актинидов, внедренное на предприятиях, а также многие другие.

Работы по химии протактиния были отмечены премией им. В.Г. Хлопина РАН.

Сегодня лаборатория вовлечена в работы по обоснованию и сопровождению технологических процессов на предприятиях ядерного топливного

цикла, обращению с радиоактивными отходами, разработке новых радиофармацевтических форм. Разработаны научные основы новых технологий переработки отработавшего ядерного топлива, включающей выделение действующих урана и плутония для их возврата в топливный цикл, фракционирование образующихся радиоактивных отходов для раздельного обращения с их компонентами.

Анализ высокочистых веществ. Пик внимания к этим объектам приходился на 1960–1970 гг., годы интенсивного развития микроэлектроники. Наиболее важными материалами для этой новой области были (и остаются) полупроводники – кремний, а также германий, арсенид галлия, фосфид индия и другие, но кремний прежде всего. Аналитическая задача заключалась в контроле чистоты этих веществ и (для химических соединений) оценка отклонений от стехиометрического состава. Поскольку полупроводниковые соединения данного предназначения должны отличаться чрезвычайно высокой чистотой, перед аналитиками стояла и стоит задача определять ничтожно низкие концентрации примесей. Проблему можно было решить, двигаясь по двум разным направлениям: 1) создавая новые, особо чувствительные методы анализа; 2) разрабатывая методы концентрирования микрокомпонентов, чтобы их можно было определять существующими методами. Первый путь был озаглавлен развитием искровой масс-спектрометрии, радиоактивационного анализа, второй – созданием экстракционных, сорбционных и других методов концентрирования. Поскольку в реальных условиях новые высокочувствительные методы (дорогие и сложные) не могли стать массовыми, ставка больше делалась на второй путь, путь создания, например, так называемых химико-спектральных методов анализа. Они-то и решали в основном прикладные задачи. Аналитики ГЕОХИ двигались по обоим направлениям, в целом довольно успешно. В 1972 г. группе сотрудников института за работы по анализу высокочистых веществ была присуждена Государственная премия СССР.



Газетная вырезка о присуждении премии

Анализ объектов окружающей среды. Этими объектами занимались и занимаются многие лаборатории института, создано большое число методик определения ионов металлов и токсичных органических веществ в водах разного типа. Это, например, хроматографические методики (Б.А. Руденко, А.М. Долгоносов и другие), методики комбинированные и гибридные, включающие концентрирование компонентов и их определение прежде всего спектроскопическими методами, в том числе фотометрическими. В последнее время д.х.н. П.С. Федотов и его группа анализируют вулканическую и городскую пыль и другие подобные объекты, притом основными аналитами являются твердые частицы.

В свое время в институте, впервые в стране, были начаты работы по проточно-инжекционному анализу (Л.К. Шпигун), использованные в том числе для анализа воды непосредственно на борту научно-исследовательского судна.

Анализ геологических объектов. Работая под одной крышей с геохимиками, аналитики института, разумеется, занимаются геологическими объектами, разрабатывая соответствующие методики и решая прикладные аналитические задачи. Для осуществления относительно массовых, но также и специфических анализов в институте давно создана специальная лаборатория – ЦЛАВ (Центральная лаборатория анализа вещества). После реорганизаций лаборатория сейчас называется лабораторией методов исследования и анализа веществ и материалов. Она обеспечена современным оборудованием – прежде всего для многоэлементного анализа: атомно-эмиссионными спектрометрами, в том числе с индуктивно связанной плазмой (ИСП) в качестве источника спектра, масс-спектрометрами с ИСП, рентгенофлуоресцентными спектрометрами. Заведует этой лабораторией член-корреспондент РАН Владимир Пантелеймонович Колотов.



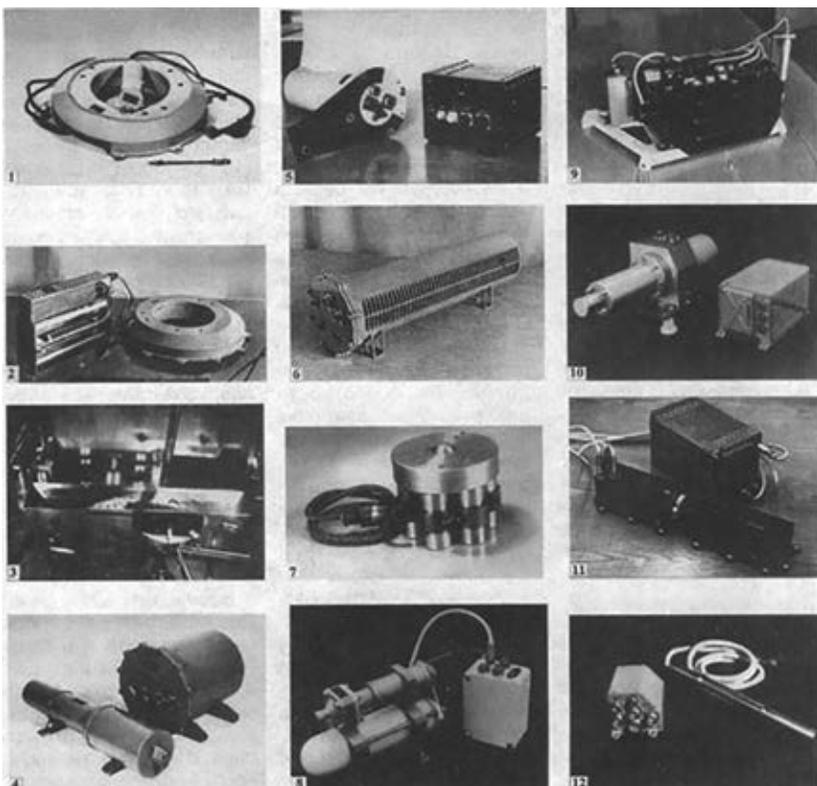
Молодые сотрудники лаборатории за масс-спектрометром

Используется также атомно-абсорбционный анализ, рентгеноспектральный микроанализ и другие методы. Объекты анализа – горные породы, природные воды и другие.

Разрабатываются и применяются также новые методы пробоподготовки геологических проб – разложения, в том числе при воздействии микроволнового излучения, в автоклавах и т.д., концентрирования микроэлементов.

Лаборатория, которую возглавляет д.х.н. И.В. Кубракова, нацелена на платиновые металлы.

Анализ космических объектов. Длительное время ГЕОХИ считался ответственным за изучение вещества планет, их спутников, Луны, метеоритов. Для анализа пород и атмосфер космических объектов разрабатывались и разрабатываются приборы. Под руководством д.ф.-м.н. Ю.А. Суркова были созданы ядерно-физические и масс-спектрометрические аналитические установки, некоторые из которых успешно провели анализы на Луне и планетах, например на Венере.



Приборы для космических исследований, изготовленные в ГЕОХИ

1, 2 – гамма-спектрометры «Луны-10» и «Луны-12», определившие содержание калия, урана и тория в грунте. 3 – пробоотборник с образцами лунного грунта, доставленными на Землю «Луной-16». 4, 5 – гамма-спектрометры «Марса-5» и «Фобоса-2», исследовавшие состав марсианских пород. 6 – нейтронный спектрометр «Фобоса-2» для определения воды в марсианских породах. 7, 8, 9 – газоанализаторы «Венеры-4» и «Венеры-5/6», определившие состав атмосферы Венеры. 10 – рентгеновский спектрометр «Венеры-12» и «Венеры-14», позволивший определить состав аэрозоля в атмосфере Венеры. 11 – гамма-спектрометр «Венеры-8» и «Венеры-9/10», исследовавший содержание калия, урана и тория в породах Венеры. 12 – радиационный денситометр «Венеры-9 и -10», применявшийся для определения плотности грунта Венеры.

Доставленный на Землю лунный грунт детально исследовали и в лабораториях института.



Академики М.В. Келдыш и В.П. Бармин (стоит спиной) знакомятся с лунным грунтом

Приборы, в том числе масс-спектрометр, созданный при активном участии д.т.н. Бориса Константиновича Зуева, были установлены и отправлены в космос в 2013 г. по программе «Фобос-Грунт», но, к сожалению, эта миссия не удалась (см. выше). Идет подготовка к возвращению на Луну, должны быть запущены станции Луна-25, 26 и 27, снабженные новой аппаратурой.

Общие вопросы аналитической химии. Будучи главным институтом в области аналитической химии, ГЕОХИ (точнее, некоторые его сотрудники) проявлял интерес к так называемым общим вопросам аналитической химии, к которым можно, в частности, отнести вопросы метрологии анализа, истории аналитической химии, ее терминологии, популяризации науки и т. д.

На протяжении длительного времени (1949–1989) работавший в институте академик Иван Павлович Алимарин был знаменем, лидером советской аналитической химии, его влияние на развитие этой науки не только в институте, но и в стране было весьма значительным. В частности, он поддерживал интерес и к общим вопросам аналитической химии.



Академик Иван Павлович Алимарин



Заведующие лабораториями аналитического отдела и ведущие сотрудники (1970-е гг.)
Нижний ряд (слева направо): А.В. Карякин, Ю.А. Золотов, И.П. Алимарин, Б.Ф. Мясоедов.
Верхний ряд: Л.Л. Кунин, В.А. Заринский, Л.А. Грибов, С.Б. Саввин, Н.А. Руднев

Можно отметить, что И.П. Алимарин и Ю.А. Золотов по заданию Международного союза теоретической и прикладной химии (ИЮПАК) в свое время разработали терминологию экстракции, которая (с коррективами) была принята. Большой популярностью пользовалась книга Ю.А. Золотова «Очерки аналитической химии» (1977 г.).

В упомянутом ИЮПАК работало большое число сотрудников института. Помимо И.П. Алимарина и Ю.А. Золотова, это были Б.Ф. Мясоедов, С.Б. Саввин, В.П. Колотов, П.С. Федотов, Т.А. Марютина и другие сотрудники.

Серийные издания. По инициативе А.П. Виноградова в 1960–1980 гг. институт издавал серию книг «Аналитическая химия элементов» (издательство «Наука»), вышло более 50 томов. Главными редакторами серии были сначала А.П. Виноградов, затем Ю.А. Золотов. Около 10 книг включала другая серия – «Аналитические реагенты» (председатель редколлегии С.Б. Саввин).

Сотрудники института всегда играли существенную роль в подготовке изданий Комиссии по аналитической химии, затем научного совета. Сначала эта серия называлась «Труды Комиссии по аналитической химии АН СССР», затем «Проблемы аналитической химии» (председатели редколлегии сначала Б.Ф. Мясоедов, затем Ю.А. Золотов).

Конференции и семинары. Как ведущий академический институт в области аналитической химии институт проводил различные конференции и организовывал семинары. В 1957 г. была проведена конференция по использованию меченых атомов в аналитической химии, на нее были приглашены крупные аналитики из многих стран мира.

Проведено множество других конференций.



Конференция по применению радиоактивных изотопов в аналитической химии (Москва, 1957 г.)

На базе института с 1976 г. проводились ежегодные сессии Научного совета АН СССР по аналитической химии, включающие школы для молодых ученых. Оргкомитет возглавлял С.Б. Саввин, Программы сессии готовил Ю.А. Золотов.

С 1963 г. при институте работает Московский семинар по аналитической химии, ставший со временем органом Научного совета АН СССР (РАН) по аналитической химии. Семинаром последовательно руководили А.К. Лаврухина, Ю.А. Золотов (в течение 20 лет), Н.М. Кузьмин, Г.М. Варшал, Б.К. Зувев и Э.М. Седых, В.П. Колотов. В настоящее время заседания семинара проводятся не только в ГЕОХИ, где за него отвечает д.х.н. П.С. Федотов, но и в ИОНХ РАН (д.х.н. А.В. Иванов) и на химическом факультете МГУ (д.х.н. П.Н. Нестеренко).

6.2. Институт геологических наук АН СССР

Институт под таким названием существовал до 1956 г. В 1956 г. на базе этого института были созданы существующие ныне Геологический институт (ГИН) и Институт геологии рудных месторождений, петрографии, минералогии и геохимии (ИГЕМ).

В период его существования в Институте геологических наук (как и в его предшественниках, например Институте геохимии, минералогии и кристаллографии им. М.В. Ломоносова) проводились и работы аналитического значения. Так, с 1927 г. в этих учреждениях выполнял исследования по применению атомно-эмиссионного анализа доктор физико-математических наук и технических наук Станислав Антонович Боровик (1982–1958).

Рентгеноспектральный анализ развивал в этом институте будущий доктор физико-математических наук Михаил Арнольдович Блохин (1908–1995). Работал он в институте с 1934 по 1945 г. М.А. Блохин разрабатывал и соответствующую аппаратуру. С 1939 г. совместно с И.В. Боровским он издал монографию «Рентгеноспектральный анализ» [1]. В те же годы Блохин начал исследования связи электронного строения атомов с их рентгеновскими спектрами. Летом 1941 г. М.А. Блохин вместе с частью Института геологических наук эвакуировался в Свердловск, где одновременно преподавал в Индустриальном институте. В 1943 г. по просьбе Уральского филиала АН СССР организовал в нем рентгеноспектральную лабораторию и перешел туда работать. В 1945 г., когда лаборатория вместе с обученным персоналом смогла самостоятельно функционировать, вернулся в Москву.



Доктор физико-математических наук Михаил Арнольдович Блохин

Кандидат химических наук Петр Андреевич Волков (1889–1957) с 1918 г. работал в Комиссии по естественным производительным силам Академии наук (КЕПС), затем в Радиевой коллегии при КЕПСе, преобразованной в 1922 г. в Государственный радиевый институт. С 1929 г. перешел в Институт

геологических наук. Во время Отечественной войны руководил аналитической лабораторией Уральского филиала АН в Свердловске, а с 1941 г. – Центральной химической лабораторией в Институте геологических наук. С 1946 г. включается в работы специальной группы, которой и руководил до конца жизни. Под его руководством разрабатывались методы определения примесей в чистом металлическом уране. Вместе со своими учениками он лично разработал изящный и простой метод определения урана, отличающийся большой точностью и быстротой выполнения. Этот метод был известен под названием «метода Волкова».

Центральной химической лабораторией ИГН в 1936–1951 гг. руководил кандидат геолого-минералогических наук Ардалион Иванович Пономарев, о котором уже шла речь в разделе об Институте металлургии и материаловедения им. А.А. Байкова.

6.3. Институт геологии рудных месторождений, петрографии, минералогии и геохимии

Аналитические подразделения ИГЕМ РАН применяют и разрабатывают современные методы изучения веществ и обеспечивают необходимыми аналитическими данными все научные направления института, работы по грантам и научно-исследовательским договорам.



Здание Института геологии рудных месторождений, петрографии, минералогии и геохимии

В лабораториях ИГЕМ РАН работали известные специалисты в области аналитики. Доктор геолого-минералогических наук, ученица В.И. Вернадского Ирина Дмитриевна Борнеман-Старынкевич (1890–1988) имела замечательный послужной список: сотрудник минералогического музея (Минералогического института Института геохимии, кристаллографии и минералогии им. М.В. Ломоносова АН СССР) (1922–1937) и Государственного радиового института (1922–1932), заведовала химической лабораторией Горной станции Академии наук на Кольском полуострове (1932–1936), была сотрудником Биогеохимической лаборатории АН СССР (1937–1949), Института геологических наук АН СССР (1937–1955) и наконец Института геологии рудных месторождений, петрографии, минералогии и геохимии АН СССР (1956–1988). Публиковала работы по химии и аналитической химии минералов. Разработала методы анализа минералов редких элементов.

В институте работал крупный специалист по рентгеноспектральному анализу доктор технических наук Константин Иосифович Нарбутт. Доктор технических наук Валентин Николаевич Аполицкий развивал атомный спектральный анализ, он создал метод интегрально-сцинтилляционного прямого элементно-фазового исследования вещества.



Доктор технических наук Валентин Николаевич Аполицкий

В основе метода – виртуальное разделение представительной навески вещества на малые части в процессе ее пространственно-временного изучения с детальным исследованием частей и отдельных фаз. Валентин Николаевич разработал способы создания многополюсных источников возбуждения спектров.

Возглавлявший сектор химического анализа доктор химических наук Николай Николаевич Басаргин был известным специалистом по органическим аналитическим реагентам (до ИГЕМ он работал в Институте геохимии и аналитической химии им. В.И. Вернадского АН СССР).



Доктор химических наук Николай Николаевич Басаргин

Лаборатория анализа минерального вещества появилась в структуре ИГЕМ с 1997 г. В ее состав вошли подразделения, некогда бывшие самостоятельными лабораториями: химическая, рентгеноспектрального анализа, спектрального анализа, разделения минералов и лаборатория термических исследований минералов. Со дня основания лаборатории ею руководил кандидат химических наук Георгий Ованесович Пилоян. В 2005 г. ее возглавил кандидат химических наук Ю.К. Шаззо, с 2012 г. – Я.В. Бычкова.

Основная задача лаборатории – обеспечение научно-исследовательских работ института различными видами элементного анализа руд, пород, минералов, природных вод и экспериментальных растворов, а также некоторыми видами подготовки проб. С 2015 г. лаборатория входит в состав Центра коллективного пользования «ИГЕМ-аналитика», руководит ЦКП заместитель директора по научно-методическим вопросам д.г.-м.н. Дмитрий Вячеславович Коваленко, он же исполняет обязанности заведующего лабораторией. В рамках федерального проекта «Развитие инфраструктуры для научных исследований и подготовки кадров» национального проекта «Наука и университеты» идет активное переоснащение лаборатории современным оборудованием, на котором работают высококвалифицированные специалисты с большим опытом и знаниями. Ведется подготовка молодых кадров.

В лаборатории применяются следующие методы:

- рентгенофлуоресцентный анализ (РФА),
- метод плазменной масс-спектрометрии (ICP-MS),
- метод атомно-абсорбционной спектрофотометрии,
- анализ химическими методами (определение Fe^{2+} и Fe^{3+} . углерода),
- рентгеноспектральный микронзондовый анализ,
- разделение минералов – высококвалифицированные сотрудники выделяют мономинеральные фракции более 120 порообразующих, акцессорных и рудных минералов,
- шлифовальные работы – исследование состава твердого вещества в микрообъеме и без разрушения объекта исследования.

Лабораторная база обеспечивает практически полный цикл анализа природных минеральных веществ – от выделения мономинеральных фракций до познания тонких особенностей структуры и состава минералов.

6.4. Геологический институт

Это один из правопреемников Института геологических наук, разделившегося, как уже говорилось, в 1956 г.



Здание Геологического института

В институте действует созданный в 2021 г. центр коллективного пользования оборудованием. В институте несколько аналитических лабораторий, в том числе лаборатория химико-аналитических исследований, которой заведует к.х.н. Александр Сергеевич Дубенский. Имеется масс-спектрометр с индуктивно связанной плазмой Element 2 с блоком лазерного пробоотбора и немало другого оборудования. В других лабораториях есть масс-спектрометры для изотопного анализа. В лаборатории тепломассопереноса используется газовая хроматография.

В настоящее время проводятся исследования и разработки в области определения элементов, в том числе платиновых, в геологических пробах методом масс-спектрометрии с индуктивно связанной плазмой (А.С. Дубенский и другие). Используются приемы концентрирования микрокомпонентов.



Кандидат химических наук Дмитрий Яковлевич Чопоров

В институте некоторое время работал к.х.н. Дмитрий Яковлевич Чопоров (1932–2009), принимавший живое участие в научных мероприятиях сообщества аналитиков.

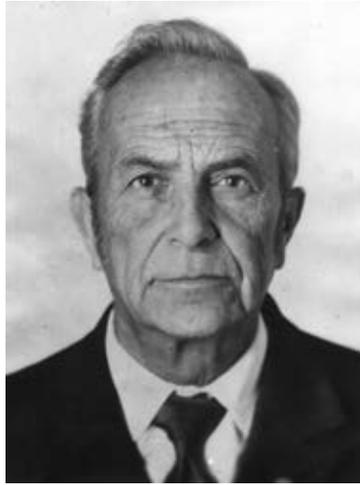
6.5. Институт океанологии имени П.П. Ширшова

Институт океанологии проводит широкий круг исследований в области химии Мирового океана: геохимия океанского литогенеза и процессов рудообразования; химия анаэробных условий и процессов в воде и осадках океана; роль органических соединений в биогеохимических процессах; анализ региональных и глобальных круговоротов углерода во всех формах его существования (раствор, коллоиды, взвеси, донные осадки, планктон, бентос, аэрозоли). Эти исследования часто требуют решения аналитических задач. Так, аналитические работы составляли заметную часть исследований, проводившихся под руководством академика А.П. Лисицына. В его экспедициях нередко участвовали профессиональные аналитики, в том числе и из других научных учреждений.



Здание Института океанологии им. П.П. Ширшова

В настоящее время в институте существует несколько лабораторий, решающих близкие к аналитической химии задачи. Лаборатория геохимии (руководитель д.х.н. Александр Владимирович Дубинин) занимается оценкой содержания и поведения редкоземельных элементов в океанических водах и осадках. В том числе А.В. Дубинин разработал метод определения РЗЭ рентгенофлуоресцентным методом с использованием синхротронного излучения [1], активно использует для элементного анализа масс-спектрометрию с индуктивно связанной плазмой. Лаборатория химии океана под руководством к.б.н. Александра Сергеевича Ульянцева занимается биогеохимическим исследованием основных элементов морской экосистемы для выявления их изменений под воздействием природных и антропогенных факторов. Аналитическую лабораторию института возглавляет к.г.-м.н. Александр Николаевич Новигатский. Лаборатория проводит геохимические исследования природных и антропогенных процессов в приводном аэрозоле, воде, взвесьях и донных осадках Мирового океана.



Доктор химических наук Эспер Александрович Остроумов

С 1954 по 1990 г. в институте работал д.х.н. Эспер Александрович Остроумов, возглавлявший отдел геохимии океана. Это был профессиональный химик-аналитик, до Академии наук он 20 лет проработал в химико-аналитической лаборатории Всесоюзного института минерального сырья. В 1946–1953 гг. участвовал в химико-аналитическом обеспечении уранового проекта. Имел работы по применению органических соединений, в частности органических оснований, в химическом анализе (монография «Применение органических оснований в аналитической химии») [2], исследовал также органические кислоты и производные. Изучал химические процессы в морских донных осадках, разрабатывал методы анализа осадков.

С 1955 по 2012 г. в институте работал д.х.н. Игорь Иванович Волков, известны его работы в области железо-марганцевого рудообразования в Мировом океане. Громадный фактический материал по геохимии соединений серы в осадках морей и океанов, полученный коллективом под его руководством, позволил создать океанскую часть глобального цикла серы. С 1964 г. по настоящее время в институте работает д.г.-м.н. Евгений Александрович Романкевич, создавший направление в океанологии – органическую геохимию и биогеохимию Мирового океана. Им была прослежена на количественном уровне судьба всех основных биогеохимических классов соединений: от живого вещества (планктон, нектон, бентос) до осадков на дне морей и океанов [3].

Литература

1. Дубинин А.В. Геохимия редкоземельных элементов в океане. М.: Наука, 2006. 364 с.
2. Остроумов Э.А. Применение органических оснований в химическом анализе. М.: Изд. АН СССР. 1959.
3. Романкевич Е.А. Углерод в Мировом океане. М.: ГЕОС. 2021.

6.6. Институт горного дела имени А.А. Скочинского АН СССР

С 1939 г. и до начала 1960-х г. институт входил в состав Академии наук СССР. В институте работал член-корреспондент АН СССР Игорь Николаевич Плаксин (1890–1967), гидрометаллург, специалист по обогащению полезных ископаемых. Он выполнял также исследования по анализу природных и промышленных продуктов на благородные металлы.



Член-корреспондент АН СССР Игорь Николаевич Плаксин

Опубликовал работы по истории пробирного искусства: см., например, публикацию «История развития пробирного искусства и современные методы опробывания и пробирного анализа» [1]. Автор учебника «Опробывание и пробирный анализ» [2].

Литература

1. *Плаксин И.Н.* История развития пробирного искусства и современные методы опробывания и пробирного анализа. Труды по истории техники. АН СССР. Вып.1. 1953. С. 98–112.
2. *Плаксин И.Н.* Опробывание и пробирный анализ. М.: Metallurgizdat. 1947.

Глава 7

ОТДЕЛЕНИЕ БИОЛОГИЧЕСКИХ НАУК

Биологи, прежде всего молекулярные биологи, не только часто используют результаты химического анализа, но и сами проводят аналитические исследования и, более того, подчас для решения своих задач создают новые методы, оригинальные приемы анализа. Так были, скажем, созданы аффинная хроматография или гель-электрофорез. Кроме того, на стыке биологии и аналитической химии рождаются методы анализа, способные решать не только задачи самих биологов, но и методы, достаточно универсальные, успешно применяемые при анализе, например, объектов окружающей среды или других объектов. Это прежде всего ферментативные или иммунохимические методы. Среди аналитиков есть кандидаты и доктора биологических, фармацевтических и медицинских наук.

7.1. Институт биохимии имени А.Н. Баха

В этом институте проводятся широкие (и хорошо принимаемые) исследования в области биохимических, прежде всего иммунохимических, методов анализа. Руководит этими работами доктор химических наук Борис Борисович Дзантиев.

Это создание экспрессных систем иммуноопределения биологически активных соединений – пестицидов, микотоксинов, гормонов, антибиотиков, психоактивных веществ, сывороточных белков, растительных вирусов, патогенных микроорганизмов. Изучены закономерности взаимодействия антигенов с антителами, иммобилизованными на носителях различной природы, в том числе на коллоидных наночастицах, синтетических водорастворимых полиэлектролитах, нитроцеллюлозных мембранах.



Здание Института биохимии им. А.Н. Баха



Доктор химических наук Борис Борисович Дзантиев

Созданы экспрессные иммунохроматографические тесты для внелабораторной диагностики, в которых все необходимые реагенты иммобилизованы на пористом мембранном носителе. На основе математических моделей и экспериментальных данных разработаны рекомендации по выбору условий анализа, обеспечивающих максимальную чувствительность и экспрессность. Разработаны многочисленные системы для целей медицинской диагностики, ветеринарии, растениеводства, экологического мониторинга, контроля качества продуктов питания, ряд которых внедрен в практику.

7.2. Институт проблем экологии и эволюции имени А.Н. Северцова

Имеющаяся в этом институте лаборатория аналитической экотоксикологии – известный научный центр хромато-масс-спектрометрического определения стойких органических соединений, в том числе особо токсичных, например диоксинов и их аналогов. Лабораторией проводились аналитические работы во Вьетнаме, где американцы распыляли дефолиант, содержащий примесь диоксинов.



Здание Института проблем экологии и эволюции имени А.Н. Северцова

Заведовавший этой лабораторией кандидат химических наук Николай Алексеевич Ключев (1939–2003) обеспечил в свое время разработку в лаборатории очень чувствительных хромато-масс-спектрометрических методов определения супертоксикантов. Были аттестованы методики определения полихлорированных дибензодиоксинов и дибензофуранов в питьевой воде, природных и очищенных сточных водах.



Кандидат химических наук Николай Алексеевич Ключев

Сменивший Н.А. Клюева на посту заведующего лабораторией доктор химических наук Ефим Соломонович Бродский – крупный специалист в области применения хромато-масс-спектрометрии для анализа загрязнений окружающей среды, анализа нефти и нефтепродуктов, пиролитической масс-спектрометрии, методах обработки масс-спектрометрических данных, определении пестицидов и супертоксиантов.



Доктор химических наук Ефим Соломонович Бродский

Свой вклад в работу лаборатории внесли А.А. Шелепчиков, Д.Б. Фешин и другие ее сотрудники.

7.3. Институт биоорганической химии имени академиков М.М. Шемякина и Ю.А. Овчинникова

Институт входит в Отделение биологических наук Российской академии наук, это крупнейший центр физико-химической биологии и биотехнологии в России. Институт был основан в 1959 году как Институт химии природных соединений АН СССР. В 1970 году Институту было присвоено имя его основателя – Михаила Шемякина, в 1974 году Институт обрел свое нынешнее название, а в 1992 году ему было присвоено имя Юрия Овчинникова. Исследования ИБХ РАН включают в себя химическое изучение живой материи, изучение молекулярных механизмов различных процессов жизнедеятельности и их применение в медицине и сельском хозяйстве, разработку фундаментальных и прикладных аспектов биотехнологии.



Здание Института биоорганической химии
им. академиков М.М. Шемякина и Ю.А. Овчинникова

Исследования ИБХ РАН включают в себя химическое изучение живой материи, изучение молекулярных механизмов различных процессов жизнедеятельности и их применение в медицине и сельском хозяйстве, разработку фундаментальных и прикладных аспектов биотехнологии.

Доктор химических наук Майя Николаевна Чумаченко (1925–2001) руководила в свое время в этом институте работами по элементному микроанализу органических веществ. Она предложила проводить деструкцию органических веществ в замкнутом объеме специального реактора, снабженного клапанами переключения газовых потоков, с последующим газохроматографическим определением продуктов разложения. В случае высокотемпературной окислительной деструкции процесс проводится в слое NiO в отсутствие кислорода. Восстановительная деструкция осуществляется в атмосфере инертного газа и при наличии гексадекана. Майя Николаевна создала анализатор, реализующий разработанные способы.

Группа И.В. Назимова выполнила в институте значительную серию работ по капиллярному электрофорезу. В ЦКП института в настоящее время есть группы спектроскопии и масс-спектрометрии. К аналитической химии определенное отношение имеют проводимые в институте работы по иммунодиагностике.

В институте функционирует Центр коллективного пользования «Биоорганика», в котором имеются группы спектрального анализа, масс-спектрометрии и другие. Руководит центром академик Анатолий Иванович Мирошников.

7.4. Институт биоинженерии имени К.Г. Скрыбина

В 1991 г. на правах института был создан Центр «Биоинженерия» РАН, основателем и первым директором Центра был академик К.Г. Скрыбин. В настоящее время центр, ставший институтом, входит в состав Федерального исследовательского центра «Биотехнология» РАН на правах структурного подразделения.



Здание Института биоинженерии

Имеющейся в институте лабораторией инженерии биополимеров заведует д.х.н. Валерий Петрович Варламов. Он возглавляет исследования по хитозану и его использованию, а также проводит работы по ферментам, в том числе иммобилизованным. С участием В.П. Варламова создан ряд сорбентов для хроматографии и электрофореза. Хитозан применен при решении различных аналитических задач, в том числе в других учреждениях.

ЦКП ФИЦ в содружестве с Институтом питания разрабатывает методы обнаружения и определения генетически модифицированных организмов в продуктах питания. Руководит ЦКП к.т.н. Татьяна Владимировна Колга-нова.

7.5. Институт биологии и физиологии микроорганизмов имени Г.К. Скрыбина

В этом институте, находящемся в г. Пущино, доктор биологических наук Анатолий Маркович Зякун (1935–2016) активно развивал и применял масс-спектрометрический метод анализа. Он разработал и сконструировал термостатированную систему ввода анализируемого вещества, позволяющую испарять образец непосредственно в область ионизации источника ионов масс-спектрометра. Это позволило усовершенствовать анализ органических соединений природного происхождения.



Здание Институт биологии и физиологии микроорганизмов имени Г.К. Скрыбина

Под руководством А.М. Зякуна выполнена серия работ по использованию изотопной масс-спектрометрии в медицине: создание метода неинвазивной диагностики нарушений углеводного обмена у человека (сахарный диабет, ожирение), определение наличия и степени обсеменения желудочно-кишечного тракта человека бактериями *helicobacter pylori*, вызывающими гастрит и язвенные болезни. Изотопная масс-спектрометрия использована при определении активности микробиоты в пахотных и лесных почвах, в почвах, загрязненных солями тяжелых металлов, углеводородами нефти и другими антропогенными загрязнителями (хлорорганические продукты,

гербициды). А.М. Зякун развернул исследования по выявлению внутримолекулярной изотопной неоднородности молекул на основе масс-спектрометрического количественного анализа кластеров их молекулярных ионов. Результаты определения внутримолекулярной неоднородности распределения изотопов хлора в полихлорсодержащих органических молекулах позволили выявить роль микроорганизмов, осуществляющих биodeградацию этих соединений.



Доктор биологических наук Анатолий Маркович Зякун

В этом же институте Анатолий Николаевич Решетилов разрабатывает биосенсорные системы. Изучены принципы создания микробных и ферментных биосенсоров для контроля биотехнологических процессов и объектов окружающей среды, рассмотрено влияние различных наноматериалов на свойства биорецепторов.

А.Н. Решетилов читает курсы лекций о биосенсорах.



Доктор биологических наук Анатолий Николаевич Решетилов

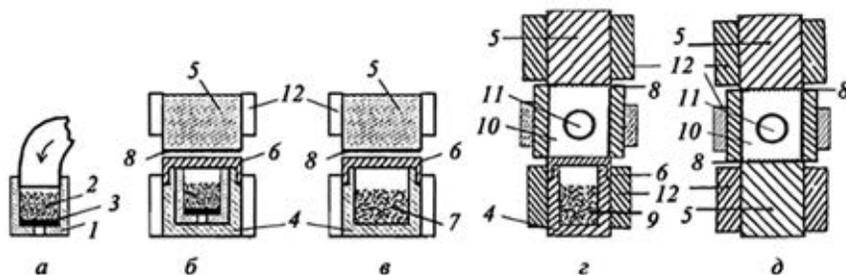
7.6. Институт фундаментальных проблем биологии

Институт входит в состав Пушкинского научного центра РАН, а точнее – в состав Федерального исследовательского центра «Пушкинский научный центр РАН».



Здание Института фундаментальных проблем биологии

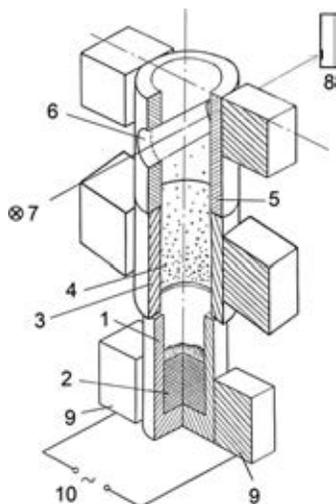
Единственная известная авторам этой книги деятельность в институте, прямо относящаяся к аналитической химии, это деятельность сотрудника института В.Н. Орешкина в области электротермической атомно-абсорбционной спектрометрии. Он разработал и опробовал несколько новых атомизаторов.



Графитовые тигельные электротермические атомизаторы-испарители для пробоподготовки образцов вод, твердых концентраций и взвесей

а – тигель-микроколонка для динамического концентрирования элементов из вод и растворов и выделения взвеси; б, в – системы «тигель-стержень с графитовым фильтром» для термического разложения твердых концентратов, взвесей и фракционного испарения-конденсации элементов; г – трехкамерный электротермический атомизатор «тигель ячейка стержень» с двумя зонами испарения и общей аналитической зоной; д – трехкамерный электротер-

мический атомизатор «стержень ячейка стержень» с двумя зонами испарения и общей аналитической зоной (1 – тигель-микроколонка; 2 – ДЭТАТА-концентрат или ДЭТАТА-концентрат + взвесь; 3 – пористый графитовый или графитовый и мембранный фильтры; 4 – графитовый тигель-испаритель; 5 – графитовый стержень – приемник-испаритель конденсата; 6 – графитовая пористая диафрагма-фильтр; 7 – твердый ДЭТАТА-концентрат (после концентрирования в статическом режиме) или взвесь (после мембранной ультрафильтрации); 8 – конденсат (концентрат); 9 – термомодифицированный твердый концентрат или взвесь; 10 – ячейка (зона атомизации); 11 – просвечиваемая аналитическая зона; 12 – сменные независимые графитовые держатели-электроконтакты.



Графитовый тигельный электротермический атомизатор твердых образцов и концентратов для проведения стадии отделения матричных компонентов фракционной конденсацией. 1 – тигель. 2 – твердый образец. 3 – первый цилиндр. 4 – зона конденсации. 5 – второй цилиндр. 6 – аналитическая зона. 7 – источник излучения. 8 – спектрофотометр. 9 – независимые графитовые держатели – электроконтакты. 10 – источник питания.

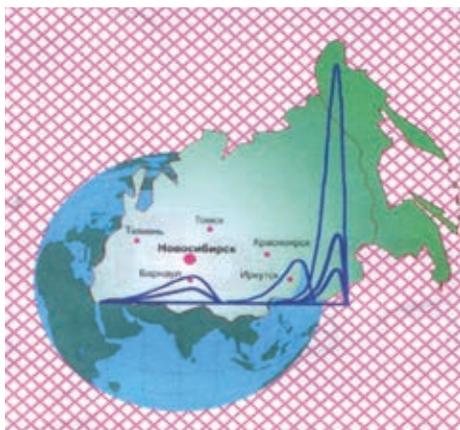
В.Н. Орешкин применил атомизаторы для разработки методик определения нескольких элементов. Ряд работ он опубликовал совместно с Г.И. Цизиным (химический факультет МГУ им. М.В. Ломоносова).

Глава 8

СИБИРСКОЕ ОТДЕЛЕНИЕ

В сибирских академических центрах, во всяком случае во многих, есть институты, внесшие значительный вклад в развитие аналитической химии. Это, например, новосибирские Институт неорганической химии им. А.В. Несмеянова или Институт катализа им. Г.К. Борескова. Интересные исследования проводились и проводятся и в, казалось бы, непрофильных научных учреждениях (скажем, геологического профиля).

Регулярная конференция «Аналитика Сибири и Дальнего Востока», созываемая Сибирским отделением Научного совета РАН по аналитической химии, фактически приобрела статус и значение общероссийской.



Эмблема конференций «Аналитика Сибири и Дальнего Востока»

Инициатором этой конференции был доктор химических наук Иосиф Гершевич Юделевич (который вообще много чего инициировал, см. о нем ниже). Проведено 11 таких конференций (табл. 3), хроники о большинстве их публиковались в «Журнале аналитической химии».



На одной из конференций «Аналитика Сибири и Дальнего Востока»

Таблица 3. Конференции «Аналитика Сибири и Дальнего Востока»

Номер конференции	Место проведения	Время проведения
I	Тюмень	1982
IV	Новосибирск	2000
VII	Новосибирск	2004
VIII	Томск	2008
IX	Красноярск	2012
X	Барнаул	2016
XI	Новосибирск	2021

8.1. Институт неорганической химии имени А.В. Николаева (ИНХ СО РАН)

Это один из самых значимых центров развития аналитической химии в стране. Основной «аналитический» профиль института – разработка комбинированных и гибридных спектрометрических методов элементного анализа высокочистых веществ и функциональных материалов, а также минерального сырья, содержащего благородные металлы, и объектов окружающей среды. Основные развиваемые и используемые методы – атомно-эмиссионная и атомно-абсорбционная спектрометрия, масс-спектрометрия, в меньшей степени другие методы, например электрохимические. Особое место в исследованиях института играли и играют методы концентрирования микроэлементов-примесей, в этом отношении институт – явный лидер. Центром исследований является Аналитическая лаборатория (первоначаль-

но Лаборатория контроля чистоты полупроводниковых материалов), организованная в 1963 г. по инициативе академика Анатолия Васильевича Николаева к.ф.-м.н. Иосифом Гершевичем Юделевичем, в 1972 г. защитившим докторскую диссертацию и в 1985 г. получившим звание профессора.



Здание Института неорганической химии им. А.В. Николаева

Иосиф Гершевич Юделевич (1920–1993) был широко эрудированной, инициативной и коммуникабельной личностью, энтузиазмом и энергией которой можно восторгаться. Совместно с сотрудниками лаборатории он внес значительный вклад в создание и развитие новых методов анализа высокочистых веществ, что сделало эту лабораторию одной из лучших в стране.



Доктор химических наук Иосиф Гершевич Юделевич

Под его руководством были разработаны химико-атомно-эмиссионные, атомно-абсорбционные, масс-спектрометрические и электрохимические методы определения примесей в чистых веществах, а также методы определения благородных металлов в геологических и технологических объектах. Основные достижения лаборатории изложены в четырех монографиях,

инициатором публикации которых был Иосиф Гершевич. Он умел рассмотреть в молодых людях склонность заниматься исследовательской деятельностью, в результате под его руководством было защищено 50 кандидатских диссертаций.



Книги И.Г. Юделевича

Ряд подразделений института внесли весомый вклад в становление лаборатории и развитии новых подходов к решению аналитических задач. Так, в лаборатории химии экстракции, которую многие годы возглавлял д.х.н. Владислав Германович Торгов, были разработаны новые экстрагенты и эффективные экстракционно-реэкстракционные схемы выделения и концентрирования благородных металлов для их последующего атомно-абсорбционного определения. Разработанные методики нашли практическое применение в ЦЗЛ Норильского горно-металлургического комбината.

В 1982 г. И.Г. Юделевич возглавил Сибирское отделение Научного совета АН СССР по аналитической химии, координирующее исследовательскую деятельность в области аналитической химии более чем 40 организаций в Сибири и на Дальнем Востоке. Большую роль в повышении квалификации аналитиков, в том числе работающих на производстве, сыграли организованный И.Г. Юделевичем Новосибирский аналитический семинар и конференция «Аналитика Сибири и Дальнего Востока», которая вышла за региональные рамки и регулярно собирает аналитиков из многих городов России и ближнего зарубежья. Первая конференция состоялась в 1982 г. в Тюмени, 11-я в Новосибирске в 2021 г. Инициированное И.Г. Юделевичем российско-украинско-германское сотрудничество переросло в регулярные встречи ученых-аналитиков трех стран (АРГУС). Первая конференция «АРГУС» прошла в Новосибирске в 1992 г., последняя – в Саратове в 2007 г.

Большой вклад в достижения лаборатории внесла д.х.н. Ирина Рудольфовна Шелпакова, которая руководила лабораторией в трудные восьмидесятые-девяностые годы (с 1989 по 1999 г.). Несмотря на скудное бюджетное финансирование, ей удалось сохранить основной костяк лаборатории (к.х.н. Н.Ф. Захарчук, к.х.н. Т.М. Корда, к.х.н. О.В. Шуваева, к.х.н. А.И. Сапрыкин, ведущих специалистов в области АЭС и ААС анализа Т.А. Чанышева, Н.Ф. Бейзель и др.)



Доктор химических наук Ирина Рудольфовна Шелпакова

В ее научном активе – дальнейшее развитие и совершенствование комбинированных методов атомно-эмиссионного и масс-спектрометрического анализа, в том числе веществ высокой чистоты и функциональных материалов с пределами обнаружения аналитов до 10^{-7} - 10^{-10} % масс. Исследованы нетрадиционные источники возбуждения спектров эмиссии, развита теория и практика концентрирования микропримесей методом отгонки основы пробы в многофазных системах. Опыт определения ультранизких концентраций элементов использован в анализе экологических и биологических объектов.

Существенное значение имели и имеют и приборные решения в спектрометрических методах. Например, широко известная аналитикам компания ВМК «Оптоэлектроника» – основной производитель твердотельных детекторов для регистрации спектров эмиссии (МАЭС) – в «идеологическом» смысле выросла из аналитической лаборатории ИНХа. Лаборатория фактически дала путевку в жизнь двухструйному дуговому плазматрону (ДДП) как источнику возбуждения спектров в атомно-эмиссионном анализе (действующий макет плазматрона был создан в Институте физики АН Киргизии в середине 1970-х годов). Основным достоинством ДДП является высокая мощность аргоновой плазмы (до 15 кВт), что на порядок превышает мощность наиболее распространенной в эмиссионном анализе индуктивно связанной плазмы и дуги постоянного тока. Метод ДДП-АЭС позволяет осуществлять прямой анализ порошковых проб с относительно небольшими матричными влияниями по единому набору образцов сравнения на основе графитового порошка.

В 1999 г. лабораторию возглавил д.т.н. Анатолий Ильич Сапрыкин. Область его научных интересов – совершенствование традиционных спектроскопических методов анализа с целью расширения их аналитических возможностей по числу определяемых аналитов и пределам их обнаружения.



Доктор технических наук Анатолий Ильич Сапрыкин

Основные научные результаты его работы и работы сотрудников – создание комбинированных и гибридных, т.е. включающих оригинальные способы и устройства для ввода концентратов микропримесей в плазменные источники для атомно-эмиссионного, масс-спектрометрического анализа и в электротермический атомизатор. Предложенные варианты ввода анализируемых проб позволили разработать новые методики анализа, обладающие уникальными аналитическими характеристиками по пределам обнаружения (до 10^{-9} - 10^{-11} % масс.) и числу определяемых элементов-примесей. Эти методики нашли применение в аналитическом обеспечении новых технологий глубокой очистки веществ-прекурсоров для синтеза оптических кристаллов-сцинтилляторов, полупроводниковых материалов и керамик. В рамках развития аналитических центров Сибирского отделения РАН лаборатория получила новое аналитическое оборудование и пополнилась молодыми специалистами, подготовленными кафедрами аналитической химии и химии объектов окружающей среды Новосибирского государственного университета (НГУ). Многие из них поступили в аспирантуру института, защитили кандидатские диссертации и влились в состав лаборатории (А. Цыганкова, Т. Скиба, Н. Медведев, Е. Полякова, Т. Романова, А. Кушцов, О. Лундовская, А. Волженин).

Работы сотрудников аналитической лаборатории, выполненные на рубеже веков (1990–2010 гг.), представлены в двух коллективных монографиях. Первая посвящена анализу высокочистых веществ, вторая – геологических, геохимических и экологических объектов.



Коллективные монографии, опубликованные в 2016 и 2018 гг.

Многие годы активно работает в лаборатории д.х.н. Ольга Васильевна Шуваева, которая занимается элементным и вещественным анализом объектов окружающей среды. Ею разработан комплекс методик определения микроэлементного состава твердых природных объектов с применением дуговой атомно-эмиссионной спектрометрии без предварительного перевода пробы в раствор. Реализованы новые подходы к определению химических форм мышьяка и ртути в объектах окружающей среды, селективность которых основана на различных физико-химических (термическое испарение), химических (*in-situ* дериватизация) и биохимических (собственная резистентность микроорганизмов к действию токсикантов) процессах.

В настоящее время лабораторию возглавляет к.х.н. Николай Сергеевич Медведев (третий слева в верхнем ряду). Лаборатория продолжает активно развиваться, ее сотрудники (д.т.н. А.И. Сапрыкин, д.х.н. О.В. Шуваева, Н.Ф. Бейзель, к.х.н. А.Р. Цыганкова, к.х.н. Н.С. Медведев, к.х.н. П.С. Галкин, к.х.н. Е.В. Полякова) читают лекции и ведут практические занятия на кафедре аналитической химии НГУ. Это позволяет пополнять кадровый состав лаборатории активной и инициативной молодежью.



Коллектив аналитической лаборатории (2020 г.)

Кроме научно-исследовательской работы, аналитическая лаборатория оказывает комплекс услуг по проверке качества и сертификации неорганических материалов и функциональных материалов и участвует в метрологической аттестации стандартных образцов для количественного химического анализа.

В 2000 г. по инициативе А.И. Сапрыкина на базе аналитической лаборатории и лаборатории кристаллохимии в институте был организован Центр коллективного пользования, который в настоящее время объединяет около 45 научных сотрудников из 8 лабораторий Института и располагает самым современным научным оборудованием. Основными задачами ЦКП являются:

- коллективное использование дорогостоящих приборов и установок научными подразделениями института для выполнения фундаментальных и прикладных задач в области исследования химического состава, структуры и функциональных свойств веществ и материалов;
- повышение уровня экспериментальных работ в области количественного анализа, кристаллохимии, молекулярной и атомной спектроскопии;
- содействие выполнению научных и научно-прикладных проектов и экспериментальная поддержка аналитических работ подразделений института и Новосибирского государственного исследовательского университета;
- развитие методической базы, подготовка кадров для проведения измерений, эксплуатации и обслуживания приборов;
- обеспечение единства и достоверности измерений при проведении научных исследований;
- ознакомление студентов и аспирантов с аналитическими возможностями методов и приборов ЦКП для решения актуальных задач при выполнении квалификационных работ.

Рассматривая спектр аналитических работ института, нельзя не отметить работы д.х.н. Валентины Александровны Труновой, которая разработала серию рентгенофлуоресцентных методик с использованием синхротронного излучения на ускорителе Института ядерной физики им. Г.И. Будкера СО РАН.

Литература

1. Шелпакова И.Р., Шуваева О.В., Залетина М.М. Вспоминая Иосифа Гершовича Юделевича. Журн. аналит. химии. 2010. Т. 65. № 10. С. 1112–1113.
2. Юделевич И.Г., Старцева Е.А. Атомно-абсорбционное определение благородных металлов. Новосибирск: «Наука». 1981. 160 с.
3. Юделевич И.Г., Буянова Л.М., Шелпакова И.Р. Химико-спектральный анализ веществ высокой чистоты. Новосибирск: «Наука». 1980. 224 с.
4. Шелпакова И.Р., Юделевич И.Г., Аюпов Б.М. Послойный анализ материалов электронной техники. Новосибирск: «Наука». 1984. 182 с.
5. Шелпакова И.Р., Сапрыкин А.И. Анализ высокочистых твердых веществ методами атомно-эмиссионного спектрального и масс-спектрометрического анализа с возбуждением и ионизацией атомов в индуктивно связанной плазме. Успехи химии. 2005. Т. 74. № 11. С. 1106–1117.
6. Химический анализ в геологии и геохимии. Ред. Г.Н. Аношина. Новосибирск: Гео. 2016. 622 с.
7. Высокочистые вещества. Коллектив авторов. М.: Научный мир. 2018. 996 с.

8.2. Институт катализа имени Г.К. Борескова

Аналитикам страны известны, по крайней мере, две крупные работы института в области аналитической химии: активное участие в разработке поликапиллярных газохроматографических колонок и создание стехиографического метода дифференцирующего растворения как нового способа фазового анализа.



Здание Института катализа им. Г.К. Борескова

В числе первых лабораторий института, образованного в 1958 г., была аналитическая лаборатория. Ею заведовали сначала последовательно к.х.н. Р.К. Моторкина и Л.М. Буянова, а затем, в течение 36 лет – д.х.н. В.В. Малахов. С 2002 по 2018 г. лабораторией заведовал д.х.н. В.Н. Сидельников. С 2018 г. руководство лабораторией взял на себя к.х.н. М.В. Шашков. Сотрудники занимаются элементарным анализом катализаторов, используя атомно-эмиссионную спектрометрию и масс-спектрометрию с индуктивно связанной плазмой (ИСП), а также рентгенофлуоресцентную спектрометрию. Другая часть сотрудников лаборатории работает с органическими соединениями – решает задачи их идентификации и – определением в смесях. Чаще всего для этого используют газовую хроматографию и газовую хромато-масс-спектрометрию. В отдельных случаях применяют жидкостную хроматографию. Лаборатория имеет современное оборудование – несколько приборов с ИСП, несколько хромато-масс-спектрометров и т. д. Имеется комплект оборудования и поддерживается технология приготовления почти всех известных в мире типов кварцевых капиллярных хроматографических колонок.



Проведение эксперимента по дифференцирующему растворению.
К.х.н Алена Почтарь проводит настройку прибора перед опытом

Доктор химических наук Владислав Вениаминович Малахов разработал стехиографический метод дифференцирующего (разделяющего) растворения (ДР) [1-3].

Цитируем автора метода: «Уникальность методов стехиографии заключается в возможности одновременно проводить обнаружение, идентификацию и количественное определение химических соединений в твердых неорганических многоэлементных многофазовых веществах и материалах – как кристаллических, так и аморфных. При этом нет необходимости использовать эталоны определяемых соединений, а подбор оптимальных условий разделения веществ с различной и переменной пространственной структурой можно проводить *in situ* – непосредственно по ходу динамического процесса ДР. Важным является и другое уникальное свойство этого метода: в процессах ДР селективное разделение фаз не требуется, достаточно их верного разделения, позволяющего выделять отдельные фазы из «толпы» неразделенных фаз! Чувствительность метода ДР на 2-3 порядка выше, чем РФА. Методом ДР проанализированы многие сотни образцов катализаторов, носителей, сорбентов. В итоге было установлено, что «разрушающий растворный» метод ДР позволяет эффективно определить особенности тонкой внутренней структуры и состава сложных твердых веществ и материалов. Другого подобного метода в современной химии не существует. Принципы и реальные практические возможности метода ДР позволяют поставить ДР в ряд с такими методами, как хроматография, масс-спектрометрия и дифрактометрия».



Доктор химических наук Владислав Вениаминович Малахов

И еще одна выдержка – из справочника «Кто есть кто в российской аналитической химии. Доктора наук» [4], справка о В.В. Малахове: «Разработал концепцию стехиографии – стехиометрии нестационарных гетеро- и гомофазных процессов переноса вещества в динамическом режиме. Разработаны теория, методология, принципы инструментального оформления стехиографического метода фазового анализа – метода дифференцирующего растворения (ДР). Создан стехиограф – прибор для фазового анализа методом ДР многоэлементных многофазовых твердых веществ различной химической природы».

Вместе с сотрудниками Института прикладной физики, в Новосибирске (В.П. Солдатов и другие), В.В. Малахов и В.Н. Сидельников успешно реализовали высказывавшуюся ранее идею создания поликапиллярных газохроматографических колонок (ПКК). Первая эффективно работающая стеклянная ПКК была сделана в 1979 г.: монолитный стеклянный блок длиной 54 см, содержащий 1100 капилляров; диаметр каждого капилляра составлял 36 мкм. На внутреннюю поверхность каждого капилляра наносилась неподвижная жидкая фаза. Хотя в 1980 г. было получено авторское свидетельство [5] на колонки, первая открытая публикация [6] вышла в свет только в 1993 г. С тех пор технология изготовления ПКК и, главное, их характеристики существенно улучшились. Колонки широко применяются.

Значительный вклад в создание и совершенствование ПКК внес доктор химических наук Владимир Николаевич Сидельников (наряду, конечно, с В.В. Малаховым, который развивал основы поликапиллярной хроматографии и участвовал в решении методических проблем скоростного хроматографического анализа).

Из справочника [4] о В.Н. Сидельникове: «Область научных интересов: экспрессная хроматография, капиллярная хроматография; поликапиллярные колонки; новые материалы для хроматографии. Первым получил экспериментальные результаты по экспрессному разделению на поликапиллярных колонках (ПКК). Разработал подходы к самосогласованному нанесению хроматографических материалов на капилляры ПКК. Создал пористослойные ПКК для газоадсорбционной хроматографии с сорбентом на основе золь-гель технологии.



Доктор химических наук Владимир Николаевич Сидельников

Экспериментально показал возможность использования ПКК для целей жидкостной и сверхкритической флюидной хроматографии. Разработал способ синтеза мезофазных мезоморфных сорбентов в виде пористого слоя для газовой хроматографии на капиллярных колонках».

В.Н.Сидельников является профессором Новосибирского государственного университета, где на кафедре аналитической химии читает спецкурс «Современные методы хроматографического анализа».



Поликапиллярные хроматографические колонки: поперечный срез; S-образные; прямые в защитных трубках; U-образные

История и современное состояние аналитической лаборатории Института катализа освещены в статье В.В. Малахова и В.Н. Сидельникова в «Журнале аналитической химии» [6]. История развития поликапиллярных колонок в лаборатории подробно изложена в [7].

Литература

1. Малахов В.В. Дифференцирующее растворение – химический метод фазового анализа твердых веществ. Докл. АН СССР. 1986. Т. 290. № 5. С. 1152–1156.
2. Малахов В.В. Дифференцирующее растворение – химический метод фазового анализа. Журн. аналит. химии. 1989. Т. 44. № 7. С.1177–1190.

3. Малахов В.В. Фазовый анализ твердых веществ методом дифференцирующего растворения. Заводск. лаборатория. 1990. Т. 56. № 9. С. 1–10.

4. Кто есть кто в российской аналитической химии. Доктора наук. Авторы-состав. Ю.А. Золотов и В.И. Широкова. Изд. 3-е, перераб. и доп. М.: Ленанд. 2016. С. 146 и 204.

5. Малахов В.В., Сидельников В.Н., Солдатов В.С. и др. Авт. свид. СССР № 986181. 1980.

6. Малахов В.В. Аналитическая лаборатория Института катализа им. Г.К. Борескова СО РАН. Журн. аналит. химии. 2018. Т. 73. № 4. С. 314–319.

7. Сидельников В.Н. Поликапиллярные колонки. От первых опытов до наших дней. Часть 1. // ЛАБОРАТОРИЯ И ПРОИЗВОДСТВО №3/2019 (7) с.114-120. DOI:10.32757/2619-0923.2019.3.7.114.120; Часть 2// Там же, №4/2019 (7) с.148-158. DOI: 10.32757/2619-0923.2019.4.8.148.158

8.3. Новосибирский институт органической химии имени Н.Н. Ворожцова

Новосибирский институт органической химии внес в аналитическую химию значительный вклад. С момента основания института в 1958 г. аналитические исследования развивались в направлении совершенствования методов микроанализа синтетических органических веществ и материалов и методов хроматографического анализа природных веществ и полупродуктов органического синтеза.



Здание Новосибирского института органической химии им. Н.Н. Ворожцова

Аналитическая лаборатория была одной из первых четырех лабораторий, организованных в 1960 г. в НИОХ. Организатором и первым заведующим лабораторией до 1973 г. была Людмила Николаевна Диакур (с 1967 г. – лабораторией микроанализа). В период 1973–2012 гг. лабораторией заведовала Валентина Павловна Фадеева, с 2012 г. – Вера Дмитриевна Тихова. Разработанные в лаборатории катализаторы [1] являются важнейшим научным достижением лаборатории, они позволяют анализировать разнообразные группы органических соединений и выполнять микроопределение органогенных элементов (углерода, водорода, азота, кислорода, серы и фосфора) и галогенов в устойчивых фторорганических и полифторированных соединениях [2,3]. Использование атомно-эмиссионной спектроскопии с микроволновой плазмой позволило разработать методики определения бора, селена, теллура, сурьмы и других элементов в металлорганических и координационных соединениях. Развиваются аналитические исследования пространственно-затрудненных фенолов, гуминовых кислот, а также ведется разработка и валидация методик контроля фармацевтических препаратов, совершенствуются методы анализа, связанные с использованием ионной хроматографии и селективной экстракции элементов.



Руководители лаборатории микроанализа 1960–2022 гг.
(слева направо): Людмила Николаевна Диакур, д.х.н. Валентина Павловна Фадеева,
к.х.н. Вера Дмитриевна Тихова

Практически с основания института были начаты исследования и в области газовой хроматографии – с приобретения директором-организатором института Н.Н. Ворожцовым одного из первых в стране газовых хроматографов и образования специализированного хроматографического подразделения. Исследования в области газо-хроматографического анализа летучих природных веществ терпеновой природы выполнялись в лаборатории лесохимии (Ж.В. Дубовенко, А.В. Хан) и затем продолжились в лаборатории терпеновых соединений (А.В. Ткачев) и вылились в создание атласов масс-спектров [4] и ахроматографических профилей эфирномасличных растений [5], что дало возможность исследовать летучие вещества растений, в том числе методами хироспецифического анализа [6].



В.А. Коптюг, Г.Н. Ворожцов, В.Н. Пиоттух-Пелецкий, Б.Г. Дерендяев (стоит), К.С. Лебедев.
На втором плане: М.Н. Подгорная, Г.И. Балакина, О.Н. Шарাপова

В 1971 г. по инициативе и под руководством В.А. Коптюга был организован Научно-информационный центр по молекулярной спектроскопии, ориентированный на создание спектральных библиотек и информационно-поисковых систем на их основе для решения структурных и аналитических задач. До сих пор функционирует уникальная библиотека спектральной информации, которая была первой в СССР специализированной библиотекой такого типа. В Центре под руководством Бориса Григорьевича Дерендяева были созданы отечественные базы данных по масс-спектрометрии и ИК-спектроскопии, а также компьютерные средства управления ими [7-8]. Одна из этих разработок – информационно-аналитическая система ИК-ЭКСПЕРТ – до сих пор успешно используется для изучения состава гуминовых кислот различного происхождения [9].

На базе НИОХ в 1970–1980 гг. был развит метод микроколоночной жидкостной хроматографии, что вылилось в разработку хроматографов серий «Обь» и «Миличром» и организацию производства приборов «Миличром» на Орловском заводе научных приборов [10]. Ориентированный изначально на нужды биоорганической химии метод микроколоночной ВЭЖХ оказался полезным для решения широкого круга задач, связанных с анализом разнообразных природных и синтетических органических веществ [11-12].



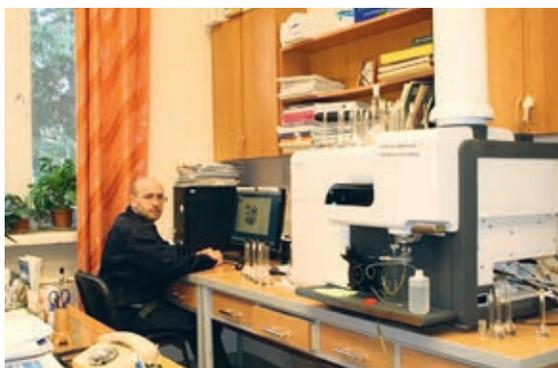
Жидкостный микроколоночный хроматограф «Миличром 6» и его создатели: Михаил Александрович Грачев и Григорий Иосифович Баран

Одним из важнейших направлений аналитических работ НИОХ являются экологические исследования, организатором и руководителем которых был академик В.А. Коптюг [7]. В 1989 г. была организована Группа экологических исследований и хроматографического анализа (с 1997 г. лаборатория экологических исследований и хроматографического анализа, рук. С.В. Морозов), которая занималась развитием методов аналитической газовой и жидкостной хроматографии и хромато-масс-спектрометрии для анализа объектов окружающей среды и информационным обеспечением экологических исследований Сибирского отделения РАН, что привело к созданию специализированной библиотеки по химическим аспектам охраны окружающей среды (Н.И. Ткачева).

В лаборатории разработаны информационно-аналитические подходы к комплексному исследованию объектов окружающей среды и количественному определению пестицидов, фенолов, полициклических ароматических углеводородов, нефтепродуктов, летучих галогенорганических и аромати-

ческих соединений, полихлорированных бифенилов, диоксинов и фуранов. С помощью созданных технологий впервые получены уникальные систематические данные о содержании стойких органических загрязнителей и других приоритетных экотоксикантов в объектах окружающей среды различных регионов Сибири, включая Байкальскую природную территорию, Монголии и Казахстана. Полученные данные позволяют оценить состояние исследованных экосистем, выявить основные антропогенные источники загрязнения, оценить воздействие основных химических факторов риска на состояние экосистем и здоровье населения [13-15]. Уникальные данные по поступлению, распределению и биоконцентрированию стойких органических загрязнителей получены при комплексном исследовании озерно-речной экосистемы Внутренней Азии Байкал-Селенгинской водной экосистемы [16-17].

Развивается подход к идентификации и определению индивидуального и группового состава низкомолекулярных органических веществ природного происхождения на основе анализа многовекторных хроматографических профилей («отпечатки пальцев») и спектральных характеристик [18]. Данный подход является основным элементом разрабатываемых аналитических технологий распознавания «химического образа» сложных систем, объектов и процессов природного происхождения и химической дактилоскопии загрязнения территорий промышленных объектов, экологических аварий и объектов накопленного экологического вреда. Для химической дактилоскопии используются следующие инструменты: многовекторное хроматографическое профилирование (снятие «отпечатков пальцев»), диагностические соотношения характерных соединений, маркеры происхождения, реликтовые биомаркеры и методы статистического анализа. Разработанные алгоритмы эффективно использованы для решения



В аналитическом центре института

В 1994 г. под руководством академика В.А. Коптюга были начаты работы по созданию Испытательного аналитического центра. В 1995 г. центр был создан и первым в Сибирском отделении РАН аккредитован Госстандартом РФ на техническую компетентность и независимость.

Литература

1. *Фадеева В.П., Морякина И.М.* Применение различных окислительных катализаторов для автоматического определения углерода, водорода и азота в органических соединениях. Известия СО АН СССР. Сер. хим. 1981. № 6. С. 113.
2. *Фадеева В.П., Тихова В.Д., Никуличева О.Н.* Элементный анализ органических соединений с использованием автоматических CHNS-анализаторов. Журн. аналит. химии. 2008. Т. 63. № 11. С. 1197.
3. *Фадеева В.П., Тихова В.Д.* Количественный элементный анализ органических веществ и материалов. Новосибирск: Изд. НГУ. 2013. 126 с.
4. *Ткачев А.В.* Исследование летучих веществ растений. Новосибирск: Издательско-полиграфическое предприятие «Офсет». 2008. 969 с.
5. *Ткачев А.В., Прокушева Д.Л., Домрачев Д.В.* Дикорастущие эфирномасличные растения Южной Сибири. Новосибирск: Изд-во ООО «Офсет-ТМ». 2017. 575 с.
6. *Ткачев А.В.* Хироспецифический анализ летучих растительных веществ. Успехи химии. 2007. Т. 76. № 10. С. 1014–1033.
7. Очерк научной деятельности академика В.А. Коптюга. В кн.: В.А. Коптюг. Избранные труды. Книга 1. Карбокатионы. Строение и реакционная способность. 1964–1975 гг. М.: Наука. 2001. С. 8–30.
8. *Вершинин В.И., Дерендяев Б.Г., Лебедев К.С.* Компьютерная идентификация органических соединений. М.: Наука. 2002. 180 с.
9. *Тихова В.Д., Богданова Т.Ф., Фадеева В.П., Пиоттук-Пелецкий В.Н.* Исследование фрагментного состава гуминовых кислот, используя систему «ИК-ЭКСПЕРТ». Журн. аналит. химии. 2013. Т. 68. № 1. С. 86–94.
10. Государственная премия СССР в области науки и техники, 1985 г. «Создание метода микроколоночной жидкостной хроматографии, разработка и организация производства микроколоночных жидкостных хроматографов «Обь-4» и «Миллихром».
11. *Барам Г.И.* Как российская жидкостная хроматография прирастала Сибирью. Часть 1. Лаборатория и производство. 2020. № 6 (15). С. 88–95.
12. *Барам Г.И.* Как российская жидкостная хроматография прирастала Сибирью. Часть 2. Лаборатория и производство. 2021. № 1 (16). С. 82–85.
13. *Морозов С.В., Черняк Е.И., Вялков А.И., Ткачева Н.И.* Анализ хроматографических профилей и индивидуально-группового состава низкомолекулярных органических веществ природного и антропогенного происхождения. В кн.: Химия ароматических, гетероциклических и природных соединений (НИОХ СО РАН 1958–2008 гг.). Отв. ред. В.Н. Пармон. – Новосибирск. 2009. С. 737–778.
14. *Морозов С.В., Черняк Е.И.* Использование методов хроматографического профилирования для анализа и идентификации низкомолекулярных органических веществ природного и антропогенного происхождения. Химия в интересах устойчивого развития. 2011. Т. 19. № 6. С. 601–617.
15. *Черняк Е.И., Вялков А.И., Царалунга Я.С., Морозов С.В.* Использование методов газовой и высокоэффективной жидкостной хроматографии для идентификации природных биологически активных фенольных соединений. Химия в интересах устойчивого развития. 2007. Т. 15. № 5. С. 609–624.

16. Морозов С.В., Ширапова Г.С., Ермолаева О.А., Черняк Е.И., Ткачева Н.И., Ботоев В.Б., Могнонов Д.М. «Изучение поведения стойких органических загрязнителей в Байкал-Селенгинской экосистеме как элемент выполнения Стокгольмской конвенции о СОЗ». Химия в интересах устойчивого развития. 2022. № 6.

17. Морозов С.В., Ширапова Г.С., Черняк Е.И., Ткачева Н.И., Ботоев В.Б., Могнонов Д.М. Стойкие органические загрязнители в экосистеме озера Байкал. Химия в интересах устойчивого развития. 2018. Т. 26. № 3. С. 233–239

18. Morozov S.V., Tkacheva N.I., Tkachev A.V. On problems of the comprehensive chemical profiling of medicinal plants . Russian Journal of Bioorganic Chemistry. 2019. Vol. 45. No. 7. P. 860–875.

8.4. Институт химии твердого тела и механохимии

Как и в других академических научных учреждениях химического профиля, в институте есть подразделения аналитического сервиса.



Здание Института химии твердого тела и механохимии

Определенное научное значение для обсуждаемой области знания имели работы заведующего лабораторией аналитической химии кандидата химических наук Юрия Борисовича Клетеника (1931–1997). Он занимался кинетикой экстракции ионов металлов в виде комплексов с ди-2-этилгексилдитиофосфорной кислотой, магнетометрическим методом анализа растворов, способами изготовления металлических и эпоксидно-графитовых индикаторных электродов, а также устройств для механического воспроизводимого обновления поверхности электродов непосредственно в растворе. Клетеник разработал новый способ высоковольтного накопления осадков металлов на поверхности электродов, используемый в инверсионной вольтамперометрии. Электрохимические методики определения различных катионов и анионов были внедрены на ряде предприятий. Юрий Борисович был автором более 200 публикаций и 10 изобретений.

8.5. Институт геологии и минералогии имени В.С. Соболева

Под таким названием институт существует с 2005 г. (до этого входил в Объединенный институт геологии, геофизики и минералогии СО РАН, который, в свою очередь, был организован в 1990 г. на базе Института геологии и геофизики СО РАН).



Здание Института геологии и минералогии им. В.С. Соболева

В 2001 г. на базе подразделений института создан «Центр коллективного пользования научным оборудованием многоэлементных и изотопных исследований СО РАН». Специалисты Центра, среди которых пять докторов и 11 кандидатов наук, развивают комплексный подход к инструментальному исследованию геологических и других объектов, включающий элементный, изотопный и структурный анализ. Исследование элементного состава реализуется методами рентгеноспектрального микроанализа, масс-спектрометрии с индуктивно связанной плазмой для растворов и с лазерной абляцией твердого вещества, рентгенофлуоресцентного анализа, в том числе с использованием синхротронного излучения, атомно-эмиссионного анализа с индуктивно-связанной плазмой и двухструйным плазмотроном, инструментального нейтронно-активационного анализа.

Проводится изотопный анализ геологических объектов для прецизионного изотопного датирования, выявления источников вещества, основных этапов формирования геологических систем, реконструкции термической истории, построения изотопных эволюционных трендов, оценки техногенного воздействия. В Центре исследуются системы стабильных изотопов

(C, H, O, N, S), радиогенных изотопов (Ar, Rb, Sr, U, Pb), включая техногенные (^{137}Cs , ^{90}Sr). Методами рентгеновской дифракции и ИК-спектроскопии исследуется фазовый состав многокомпонентных систем минералов, горных пород, донных осадков, почв с расшифровкой структур минеральных фаз, включая глинистые минералы.

Входящий в состав Центра опытно-производственный участок пробоподготовки обеспечивает подготовку каменного материала ко всем видам исследований, включая изготовление шлифов и плоскопараллельных полированных пластинок, выделение мономинеральных фракций, монтаж препаратов для сканирующей электронной микроскопии и зондовых методов исследования.

Руководит Центром заместитель директора по научной работе доктор геол.-мин. наук, профессор РАН Вадим Николаевич Реутский.

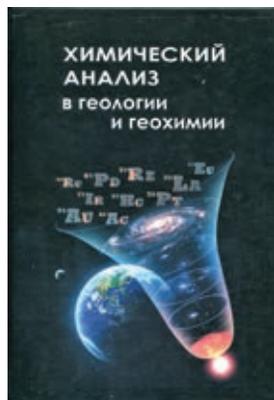
Яркой личностью на стыке геохимии и аналитической химии и одним из инициаторов создания Центра был заслуженный деятель науки РФ, доктор геол.-мин. наук Геннадий Никитович Аношин (1938–2016). Основным интересом Г.Н. Аношина являлась геохимия золота и платиновых металлов. В своих исследованиях он успешно комбинировал различные методы анализа: нейтронно-активационный, атомно-абсорбционный, атомно-эмиссионный, в том числе с дуговым двухструйным плазмотроном, и других. В Новосибирском госуниверситете Г.Н. Аношин читал курс «Аналитическая геохимия».



Светлана Борисовна
Геннадий Аношин

**Дуговой двухструйный
плазмотрон в
аналитической
спектроскопии**

Оптимизация условий проведения и
основные результаты атомно-эмиссионного
анализа геологических и технологических проб



Доктор геолого-минералогических наук Г.Н. Аношин и его книги

Совместно с Г.Н. Аношиным разработкой методов атомно-эмиссионного анализа геологических объектов занималась д.х.н. Светлана Борисовна Заякина и коллектив ООО «ВМК-Оптоэлектроника». Результатом этих работ явился так называемый кинетический спектральный метод анализа.



Доктор технических наук Юрий Григорьевич Лаврентьев

Основателем и лидером рентгеноспектрального анализа в Центре является д.т.н. Юрий Григорьевич Лаврентьев – известный специалист по рентгеноспектральному микроанализу. Разработанные коллективом под руководством Ю.Г. Лаврентьева комплекты стандартов для рентгеновского микроанализа природных минералов широко используются в лабораториях РФ и за рубежом.

В настоящий момент в Центр входят: Лаборатория рентгено-спектральных методов анализа под руководством к.г.-м.н. Николая Семеновича Карманова – известного специалиста в области рентгеноспектрального анализа и растровой сканирующей электронной микроскопии; Лаборатория изотопно-аналитической геохимии под руководством д.г.-м.н. Алексея Валентиновича Травина – одного из основателей аргон-аргонового метода изотопного датирования в РФ (коллектив А.В. Травина на сегодняшний день единственный в России, выполняющий полный цикл работ по аргон-аргоновому изотопному датированию минералов и пород); Группа рентгеновской дифракции Лаборатории геологии кайнозоя, палеоклиматологии и минералогических индикаторов климата под руководством д.г.-м.н. Эмилии Павловны Солотчиной, широко известной работами по минералого-кристаллохимическому анализу глинистых минералов донных озерных отложений в целях палеоклиматических реконструкций; Лаборатория геохимии радиоактивных элементов и экогеохимии под руководством к.г.-м.н. Михаила Сергеевича Мельгунова, основными направлениями деятельности которой являются исследования поведения естественных и техногенных радионуклидов в современных экзогенных процессах.

8.6. Институт нефтегазовой геологии и геофизики имени А.А. Трофимука

В рамках этого института и под его эгидой проведена и проводится в настоящее время внушительная работа по созданию методов и приборов для обнаружения очень низких концентраций летучих органических веществ. Это пары взрывчатых веществ или наркотиков, это легкие углеводороды, выделяющиеся из нефтегазовых земных пластов, это газообразные соединения в выдыхаемом воздухе – маркеры заболеваний человека.



Здание Института нефтегазовой геологии и геофизики им. А.А. Трофимука

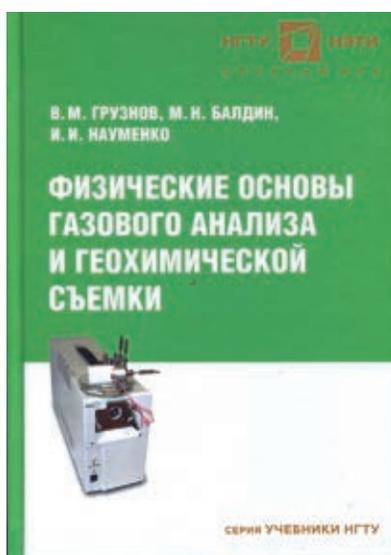
Исследования и разработки в этом направлении были развернуты в отраслевом отделе, созданном в 1982 г. Конструкторским бюро точного машиностроения Министерства оборонной промышленности СССР на территории академического института – в то время Института геологии и геофизики СО АН СССР. Первоначальной задачей было создание методов и средств быстрого обнаружения мин, прежде всего немагнитных, в интересах ограниченного контингента подразделений МО СССР Афганистане. В 1990 г. отдел был преобразован, снова на базе института, в Инженерный центр как негосударственное хозрасчетное предприятие. Следующее преобразование – организация Конструкторско-технологического института геофизического и экологического приборостроения, и опять при институте, входящем в состав Сибирского отделения Академии наук, в этот раз с небольшим государственным финансированием. Институт существовал до 2006 г. И наконец – вхождение в 2006 г. в состав организованного тогда института, указанного в заголовке этого раздела (ИНГГ СО РАН).

Начиная с отраслевого отдела во главе коллектива, называвшегося по-разному, во главе перечисленных преобразований стоял и стоит нынешний доктор технических наук Владимир Матвеевич Грузнов. В настоящее время В.М. Грузнов – главный научный сотрудник ИНГГ СО РАН.



Доктор технических наук Владимир Матвеевич Грузнов

Коллектив, о котором идет речь, сделал очень многое. Очень подробно история коллектива и его достижения до 2020 г. освещены в большой главе книги [1]. Круг задач, решавшихся коллективом, постепенно расширялся, увеличивалось число испытываемых и реализуемых методов анализа. Успехи были достигнуты в сфере развития и использования газожидкостной хроматографии (см., например, [2]), хромато-масс-спектрометрии, нейтронно-активационного анализа с использованием импульсных генераторов нейтронов, при разработке портативных скоростных аналитических приборов для экологического и специального контроля (определение взрывчатых, наркотических веществ, углеводородов и вредных веществ).



Одна из последних книг В.М. Грузнова и его коллег

Предложена концепция скоростной газовой хроматографии, удовлетворяющей по быстродействию, селективности, чувствительности и автономности требованиям массового специального и экологического контроля. Была создана, сертифицирована и выпускается серия портативных газовых хроматографов «ЭХО» с характеристиками, не уступающими характеристикам лучших зарубежных аналогов, а по быстродействию и портативности существенно превосходящая отечественные и зарубежные аналоги. Разработка серии «ЭХО» отмечена премией Правительства России.



Портативные газовые хроматографы серии «ЭХО»

Портативные газовые хроматографы «ЭХО-М» и «Шпинат-М1» для обнаружения взрывчатых веществ (ВВ) поставлены на вооружение в МВД РФ и ФСБ РФ соответственно. Модификации ЭХО-М для экологического контроля поставлены в США, Германию, Вьетнам, Израиль. Разработан макетный образец газохроматографического обнаружителя следовых количеств взрывчатых веществ с рекордным порогом обнаружения концентрации паров тринитротолуола (10-16 г/см³). Создан и выпускается по заказам портативный газохроматографический комплекс для геохимической съемки при поиске залежей углеводородов.

Существенным вкладом в экспрессную газовую хроматографию было создание коллективом совместно с Институтом катализа им. Г.К. Борескова (ИК) СО РАН поликапиллярных газохроматографических колонок – отработка технологии их изготовления, придание колонкам требуемых хроматографических характеристик, применение их в реальных приборах. Большую роль в этих работах сыграли один из ведущих членов коллектива В.П. Солдатов, а также И.И. Науменко, А.П. Арчаков, А.П. Ефименко и сотрудники ИК СО РАН В.В. Малахов и В.Н. Сидельников. Историю создания поликапиллярных колонок недавно описал В.Н. Сидельников. Детальнее об этом см. раздел, посвященный Институту катализа.

Существенным развитием портативности газовых хроматографов стало создание элементов приборов, работающих с атмосферным воздухом в качестве газа-носителя: нового типа ионизационного детектора с перестраиваемой селективностью (Михаил Николаевич Балдин) [2] и ПКК.

В обсуждаемом коллективе получил значительное развитие метод спектрометрии ионной подвижности, точнее ее вариант – спектрометрия

приращения ионной подвижности (ion mobility increment spectrometry). Этим занималась группа в составе лаборатории масс-спектрометрии Игоря Александровича Бурякова, ныне доктора наук.

По портативной хромато-масс-спектрометрии лабораторией Алексея Леонидовича Макася существенно усовершенствованы технические решения схемы Маттауха-Герцога и реализованы в единственном в России мобильном хромато-масс-спектрометре (МХМС) «Навал». Прибор поставлен на снабжение подразделений МО РФ, успешно используется в оперативной обстановке, производится серийно в Новосибирске.

Для определения скрытых малых масс органических веществ исследовался метод с просвечиванием среды импульсными нейтронами. Время обнаружения здесь минуты, минимальная обнаруживаемая масса ВВ 50 г.

Технология сначала реализована в миноискателе-роботе, затем в мобильном приборе NIGAS для автоматического контроля содержимого снарядов. NIGAS выпускается фирмой Bruker (Германия). Этот метод развит для определения характеристик пород за нефтегазовой скважиной и для радиометрического поиска залежей углеводородов.

Литература

1. Грузнов В.М., Балдин М.Н., Буряков И.А., Злыгостев И.Н., Кодепов Г.Г., Лубов В.П., Макася А.Л., Науменко И.И., Титов Б.Г. В кн.: История развития Института геологии и геофизики СО (АН СССР и РАН) и его научных направлений. Гл. 9. Изд-во «Гео»: Новосибирск. 2010. С. 714–748.
2. Балдин М.Н., Грузнов В.М. Портативный газовый хроматограф с воздухом в качестве газа-носителя для определения следов взрывчатых веществ. Журн. аналит. химии. 2013. Т. 68. № 11. С. 1117.

8.7. Институт геохимии имени А.П. Виноградова

Решение о создании Института геохимии СО АН СССР было принято в 1957 г. Академик А.П. Виноградов, по инициативе которого и было принято решение, предложил ученому секретарю ГЕОХИ АН СССР Льву Владимировичу Таусону возглавить создаваемый институт и выбрать место его расположения. Выбор пал на Иркутск, потому что в городе имелись сильные геологические и аналитические школы, которые готовили квалифицированные кадры.



Здание Института геохимии им. А.П. Виноградова

Л.В. Таусон с самого начала уделял внимание организации аналитической службы института. Первоначально ее составили две лаборатории: химико-аналитическая и эмиссионного спектрального анализа, укомплектованные в основном выпускниками Иркутского государственного университета. Позднее были созданы лаборатории геохимии изотопов, рентгеноспектрального анализа и кабинет рентгеноструктурного анализа. Эти подразделения на хорошем аналитическом уровне обеспечивали геохимические исследования.

В настоящее время в институте для изучения элементного, изотопного и вещественного анализа природных сред функционирует несколько подразделений, объединенных в Аналитический отдел:

1. Лаборатория рентгеновских методов анализа.
2. Химико-аналитическая производственная лаборатория.
3. Лаборатория геохимии изотопов.
4. Группа атомно-эмиссионных методов анализа и стандартных образцов.

Основные направления отдела – рентгеновские, атомно-эмиссионные, атомно-абсорбционные, масс-спектрометрические, изотопные и классические химические методы анализа природных и техногенных сред. Большое внимание уделяется метрологии анализа: созданию матричных многоэлементных стандартных образцов и разработке математических методов обработки спектральной информации (хеометрика). Достижения в этих направлениях весьма существенны, в институте работают высококвалифицированные, опытные аналитики.

Лаборатория рентгеновских методов анализа. Работы по рентгенофлуоресцентному анализу были развернуты в институте д.ф.-м.н. Николаем Фомичем Лосевым, некоторое время (1965–1967) работавшим заведующим институтской лабораторией физических методов анализа. Созданная Н.Ф. Лосевым в Иркутском университете школа рентгеновских методов анализа пустила корни и в Институте геохимии (В.П. Афонин, Т.Н. Гуничева, Л.А. Павлова, Л.Ф. Пискунова, А.Л. Финкельштейн и другие). В начале 1970-х гг. в институте был установлен первый в СССР многоканальный рентгеновский спектрометр для определения основных породообразующих элементов.



Доктор физико-математических наук Николай Фомич Лосев

Доктор технических наук Валерий Петрович Афонин (1937–1995) заведовал лабораторией рентгеноспектрального анализа в 1971–1995 гг., он был заместителем директора института, заведовал созданной Н.Ф. Лосевым кафедрой физических методов анализа Иркутского университета. Валерий Петрович выполнял работы в области микрозондового и рентгенофлуоресцентного анализа. Автор более 200 научных публикаций, в том числе четырех монографий (Афонин В.П., Гуничева Т.Н., Пискунова Л.Ф. Рентгенофлуоресцентный силикатный анализ, 1984; Афонин В.П., Лебедь В.И. Метод Монте-Карло в рентгеноструктурном анализе, 1989 и др.). Под ру-

ководством В.П. Афонина защищены 11 кандидатских диссертаций и две докторские. Он был членом Научного совета РАН по аналитической химии, членом президиума Иркутского научного центра РАН, награжден орденом «Знак Почета» (1981).



Доктор физико-математических наук Валерий Петрович Афонин

Доктор химических наук Татьяна Николаевна Гуничева в 90-е годы инициировала исследования вторичных природных сред – почв, донных и речных отложений, илов, компонентов растений. Эти разработки получили продолжение в последнее десятилетие в области анализа донных отложений, торфяников при палеоэкологических реконструкциях изменения окружающей среды центральной Азии.

С 1995 г. заведующим лабораторией является доктор технических наук Александр Львович Финкельштейн. В составе лаборатории оформились группы рентгенофлуоресцентного анализа, рентгеноспектрального электронно-зондового микроанализа и сканирующей электронной микроскопии, рентгеноструктурного анализа. Группа рентгеноспектрального электронно-зондового микроанализа (руководитель О.Ю. Белозерова) проводит исследования разнообразных минеральных объектов: силикатных породообразующих, редкометалльных, рудных минералов, минералов платиновой группы и золотосодержащих, а также компонентов байкальской биоты, микронных фракций осадков и аэрозольных частиц.

Химико-аналитическая производственная лаборатория. Химико-аналитическая лаборатория была организована в 1957 г. для обеспечения геохимиков института аналитической информацией по элементному составу проб. В те годы широко осваивался силикатный анализ с определением элементов спектрофотометрическими и пламенно-фотометрическими методами (В.Д. Цыханский, А.И. Кириллов, Д.Х. Николаева и др.). В разные годы лабораторией руководили: Е.А. Сергеев (до 1965 г.), В.М. Новиков (с 1965 по 1975 г.), к.х.н. В.Д. Цыханский (с 1975 по 2000 г.), к.ф.-м.н. В.И. Меньшиков (с 2000 по 2018 г.). В 2013 г. подразделение переименовано в «химико-аналитическую производственную лабораторию», которой с 2018 г. руководит к.х.н. Ю.В. Сокольникова.

С 1967 г. под руководством Виктора Михайловича Новикова аналитики стали активно осваивать и внедрять в практику лаборатории метод атомно-абсорбционной спектрометрии (ААС) с пламенным и электротермическим вариантами атомизации. Вклад в развитие основ метода внес к.ф.-м.н. Виталий Иванович Меньшиков, который разработал и применял методики определения Au, Ag, Sb, Te, Bi и Cd, а также неорганических форм Hg, Cd и Pb путем испарения порошковой пробы из графитовой печи, помещенной в пламя (способ «печь-пламя»). Этот способ позволил решить ряд задач, связанных с исследованием форм нахождения элементов в природных и синтетических материалах. С 2000 г. в лаборатории осваивали метод масс-спектрометрии с индуктивно связанной плазмой (МС-ИСП) для анализа примесного состава высокочистых кварцитов и кремния, а также для одновременного определения элементов платиновой группы (кроме осмия) в геологических образцах в диапазоне содержания от 0,1-1 нг/г до 10 мкг/г после предварительного отделения матричных элементов на катионите.

Основная деятельность лаборатории связана с изучением объектов разнообразного состава и генезиса методами ААС с пламенной и электротермической атомизацией, пламенной атомно-эмиссионной спектрофотометрией, спектрофотометрией, титриметрией, гравиметрией, потенциометрией, кондуктометрии, капиллярного электрофореза. Анализируемые объекты: поверхностные, подземные, сточные и поровые воды, атмосферные осадки, почвы, донные отложения, биота растительного и животного происхождения, горные породы, минералы, руды и продукты их переработки, отходы и отвалы, синтетические материалы. Результаты выполняемых лабораторией работ используются подразделениями института и другими научными организациями в фундаментальных исследованиях и при решении прикладных задач: для геолого-геохимических исследований, сопровождения поисковых работ, при эколого-геохимическом изучении и мониторинге состояния водных и наземных экосистем Иркутского региона, для производственного контроля при создании новых материалов.

Лаборатория геохимии изотопов. Это подразделение было создано в 1964 г. Основным методом исследований в 60-70-е гг. был К-Аг метод изотопного датирования, объектами исследований служили главным образом гранитоиды Восточного Забайкалья. У истоков К-Аг метода в институте стояли первый заведующий лабораторией С.Б. Брандт и В.Н. Смирнов. В начале 70-х годов в лаборатории был освоен Rb-Sr метод, были получены первые Rb-Sr датировки редкометалльных Li-F гранитоидов. Этот метод стал основным в лаборатории на последующие более чем три десятилетия. У его истоков стояли В.С. Лепин, Н.В. Волкова, Г.С. Плюснин, Г.П. Сандмирова. Одновременно получил развитие Pb-Pb изотопный метод исследования рудных свинцов, который развивался Ю.А. Исаковым и Г.С. Плюсниним. Появление в 1998 г. в рамках Байкальского центра коллективных исследований высокоточного многоколлекторного термоионизационного (TIMS) масс-спектрометра Finnigan MAT 262, а затем в 2011 г. и многоколлекторного с индуктивно связанной плазмой (МС-ICP-MS) масс-спек-

трометра NEPTUNE Plus позволило лаборатории успешно освоить Sm-Nd метод исследований, а также высокоточный изотопный анализ свинца с использованием метода двойного изотопного разбавления. Постановка этих методов связана с именами Н.С. Герасимова и Т.А. Владимировой. В 2009 г. в состав лаборатории геохимии изотопов вошла группа микроэлементного МС-ИСП анализа, что позволило объединить в составе одной лаборатории все масс-спектрометрическое оборудование, а также оптимизировать инфраструктуру пробоподготовки. Развитие микроэлементного масс-спектрометрического анализа связано с именами Е.В. Смирновой, Г.П. Сандимировой, О.В. Зарубиной.

Широкие возможности микроэлементного масс-спектрометрического анализа являются основой для выполнения исследований горных пород, руд почв, природных вод и синтетических материалов.

Группа атомно-эмиссионных методов анализа и стандартных образцов. Еще при создании института в 1957 г. была организована лаборатория физических методов исследования, в которой была сформирована группа эмиссионного спектрального анализа. Первыми ее сотрудниками стали В.А. Кудрявцев, И.А. Кринберг, Л.Л. Петров, О.С. Росщупкина, а позднее Е.В. Смирнова, А.И. Кузнецова, Э.Я. Огнева и др. С 1964 г. группа вошла в состав лаборатории физических методов анализа (зав. лабораторией Н.Ф. Лосев), а через три года группу преобразовали в лабораторию оптического спектрального анализа, руководителем которой стал д.ф.-м.н., заслуженный деятель науки РСФСР Я.Д. Райхбаум (1913–1979). Якова Давыдовича Райхбаума интересовали разнообразные физические методы анализа вещества: атомно-эмиссионный, атомно-абсорбционный, рентгеноструктурный и рентгеноспектральный, электронная микроскопия, электронография и т. д. Результаты исследований лаборатории были представлены в четырех монографиях («Спектральный анализ металлометрических проб», 1959; «Спектральный анализ при поисках рудных месторождений», 1969; «Эмиссионный спектральный анализ в геохимии», 1976; «Физические основы спектрального анализа», 1980) и почти в 200 публикациях. Основные работы посвящены: изучению и моделированию процессов массообмена и переноса паров в низкотемпературной плазме; их влиянию на интенсивность спектральных линий, форму и свойства аналитического сигнала, поведение градуировочных графиков; использованию деления аналитического сигнала для учета влияния минерального и гранулометрического составов проб в целях улучшения качества результатов анализа. Перспективы развития атомно-эмиссионного и атомно-абсорбционного методов анализа Я.Д. Райхбаум видел в автоматизации и компьютеризации методов, в применении математической статистики, теории информации и кибернетики при обработке спектров. Под его руководством был разработан метод прямого сцинтилляционного атомно-эмиссионного определения благородных металлов, позволивший существенно снизить пределы их обнаружения. Я.Д. Райхбаум создал школу аналитиков-спектроскопистов, нацеленную главным образом на анализ природных объектов: горных пород, руд, минералов, почв, донных отложений, илов, природных и сточных вод, гидробионтов и др.



Доктор физико-математических наук Яков Давыдович Райхбаум

В 1979–1986 гг. лабораторию возглавлял ученик и сподвижник Якова Давыдовича д.х.н. С.В. Лонцих. Научные интересы Самуила Владимировича привели к расширению тематики работ лаборатории, что в свою очередь привело к изменению названия лаборатории, ее стали называть лабораторией оптического спектрального анализа и стандартных образцов. Благодаря исследованиям С.В. Лонциха и его коллег в 1971 г. в СССР появились первые отечественные государственные стандартные образцы (ГСО) состава трех горных пород, что описано в книге С.В. Лоциха и Л.Л. Петрова «Стандартные образцы состава природных сред» (1988 г.). Рождалось новое направление – метрология анализа вещества, было положено начало институтской коллекции стандартных образцов природных и техногенных сред. Одновременно изучались теоретические и прикладные аспекты подготовки проб к анализу, метрологической оценки возможностей аналитических методов, качества результатов лабораторных исследований, разработка номенклатуры ГСО природных сред и корректного применения коллекций стандартных образцов.



Доктор химических наук Самуил Владимирович Лонцих

Позднее лабораторией руководили к.ф.-м.н. Е.В. Смирнова (1986–1989 гг.), д.х.н. Л.Л. Петров (1989–2007 гг.), д.т.н. И.Е. Васильева (2007–2013 гг.). В период 1979–2013 гг. проводились работы по развитию атомно-эмиссионного анализа, его компьютеризации и автоматизации, а также разработке матричных стандартных образцов. Модернизация спектральных приборов лаборатории началась с 1990 г. – появились сканирующий микрофотометр и фотоэлектрические регистраторы спектров на основе твердотельных детекторов. За 18 лет руководства Льва Львовича Петрова коллекция стандартных образцов пополнена 11 ГСО и 6 стандартными образцами предприятия. Для анализа горных пород, почв и донных отложений с помощью фотоэлектрической регистрации спектров аттестованы разработанные методики атомно-эмиссионного определения: 1) скандия, ванадия, хрома, кобальта, никеля, галлия, стронция, бария, бериллия; 2) бора, меди, цинка, германия, молибдена, серебра, олова, таллия и свинца. Была также разработана и аттестована уникальная методика установления массовых долей примесей в мультикремнии, кремнии кристаллическом, диоксиде кремния и кварце. Особенностью этой методики являлось прямое (без изменения агрегатного состояния вещества) атомно-эмиссионное определение 12 микроэлементов с помощью фотоэлектрической регистрации спектров.

В период руководства лабораторией И.Е. Васильевой было аттестовано 13 ГСО и 1 стандартный образец предприятия. Ирине Евгеньевне удалось создать описательную модель расшифровки дуговых атомно-эмиссионных спектров по способу появления-усиления линий аналита для замены визуальной интерпретации спектров на компьютерную. В прямых методиках дугового атомно-эмиссионного анализа с использованием испарения вещества из канала графитового электрода и вдувания-просыпки порошков в плазму дугового разряда компьютерная интерпретация обеспечивает повышение точности результатов при улучшении пределов обнаружения. Понимание И.Е. Васильевой необходимости внедрения современного оборудования и ее постоянное стремление к повышению надежности результатов обеспечили разработку нового поколения атомно-эмиссионных спектрометров для сцинтилляционной регистрации спектров.

В 2013 г. лаборатория рентгеновских методов анализа и лаборатория оптического спектрального анализа и стандартных образцов были объединены. Это объединение негативно отразилось на развитии и поддержании коллекции стандартных образцов и на совершенствовании методического и программного обеспечения атомно-эмиссионного анализа.

В 2018 г. шесть сотрудников института были выделены в самостоятельное структурное подразделение Аналитического отдела – группу атомно-эмиссионных методов анализа и стандартных образцов. Вот направления ее деятельности: развитие теории и совершенствование методического и программного обеспечения атомно-эмиссионного анализа, а также метрологического обеспечения, включая аттестацию методик и создание многоэлементных стандартных образцов состава; обеспечение аналитической информацией исследований, выполняемых в подразделениях института.

С момента выделения группы ею руководит д.ф.-м.н. Е.В. Шабанова. В группе проводятся: алгоритмизация применения математико-статистических методов обработки спектральной информации в атомно-эмиссионной спектрометрии; разработка методологии спектроскопического анализа сложных объектов, объединяющая общую интеллектуальную систему знаний из атомно-эмиссионной спектрометрии, теории информации, многомерного статистического анализа данных; разработка многоэлементных атомно-эмиссионных методик анализа геологических образцов и объектов окружающей среды. Совместно с ООО «ВМК-Оптоэлектроника» сформирован новый программно-аппаратный комплекс для сцинтилляционной атомно-эмиссионной спектрометрии с введением порошковых проб в дуговой разряд по способу вдувания-просыпки. Разработаны и аттестованы методики атомно-эмиссионного определения элементов на уровне и ниже кларковых содержаний, проведены работы по сопровождению и созданию матричных стандартных образцов. С целью увеличения объема первичной геохимической информации о сопряженных средах «почва – растение» составлена схема для определения валовых содержаний элементов, подвижных форм токсичных и биогенных элементов в почвах и определения элементного состава растений.

Развитие теории и совершенствование методического и программного обеспечения атомно-эмиссионного анализа позволило разработать ряд методик с ориентиром на «зеленую» химию. Методики обеспечивают прямое (без химической пробоподготовки) определение микроэлементов. Это, например, методика одновременного атомно-эмиссионного определения валовых содержаний 23 микроэлементов в растениях. Использован дуговой разряд. Применение специальных приемов получения и обработки спектральной информации обеспечило повышение точности результатов в диапазонах 10-6-10-4% до 10% мас. Другой пример – методика одновременного определения валовых содержаний Na, K, Li, Rb и Cs методом низкотемпературной пламенной ААС, предназначенная для анализа органоминеральных веществ. Можно также отметить методику одновременного прямого сцинтилляционного дугового атомно-эмиссионного определения в порошках *in situ* валовых содержаний благородных металлов и их спутников. Для спектрометров «Гранд-1500-Поток» и «Гранд-2000-Поток» с высоким временным и спектральным разрешением разработана методика одновременного определения *in situ* валовых содержаний БМ (Au, Ag, Pt Pd, Ir, Os, Rh и Ru) с пределами обнаружения на уровне 1-50 нг/г и их спутников (As, Bi, Cd, Ni, Co, V, Cr, W, Pb, Cu, Zn и т. д.) в порошках геологических проб без химической пробоподготовки. Эта методика может быть рекомендована для получения новых данных о валовых содержаниях БМ и одновременно о составе микрофаз благороднометалльной минерализации в геологических пробах разнообразного состава и генезиса, в том числе углеродсодержащих пород, без концентрирования благородных металлов.

В институте уже более 45 лет создаются матричные многоэлементных СО состава природных и техногенных сред. Сертифицированные стандартные образцы из коллекции института представлены в Федеральном информационном фонде РФ «Аршин» и международных электронных базах

данных GeoRem и COMAR. Более 70 % коллекции по типу материала, числу и/или уровню аттестованных содержаний элементов не имеет аналогов в России и за рубежом, обеспечивая независимость РФ в аналитических исследованиях геологических объектах. В течение 2018–2022 гг. разработаны и сертифицированы стандартные образцы состава концентрата вольфрамитогюбнеритового (твердосплавного) и хвои сосны сибирской.

8.8. Институт земной коры

Институт образован в 1949 г. для исследования геологии и минеральной базы Восточной Сибири.



Здание Института земной коры

В 1950-х гг. в институте были созданы группы аналитической химии (руководитель В.С. Лебедева) и физических методов анализа (руководитель А.И. Черненко). В 1962 г. образовали отдел аналитических лабораторий, включающий лабораторию физических методов исследования под руководством А.И. Черненко и химико-аналитическую лабораторию, которую возглавил Г.Н. Кашеев. После ряда других преобразований в 1998 г. на базе аналитических подразделений института был создан единый Аналитический центр (АЦ, заведующий А.Г. Ревенко). В 2015 г. на его основе организован ЦКП (руководитель А.В. Иванов).

Опыт применения физических и химических методов для исследования горных пород и минералов, а также полученные результаты исследований изложены в обзорных работах и монографиях [1-6]. Ниже рассмотрено современное состояние аналитики в институте и важнейшие результаты, полученные с 2009 г. по настоящее время.

Основные направления деятельности ЦКП: разработка аналитических методов для решения фундаментальных геологических и экологических задач; определение элементного и минерального состава горных пород, руд, осадков и других природных и техногенных материалов; для этих целей применяются методики, разработанные в АЦ, методики НСАМ* и опубликованные в литературе. Используются: атомно-эмиссионный метод на базе спектрографического комплекса МАЭС (В.В. Щербань), особенно для определения редких элементов в горных породах; атомная абсорбция, спектро-

* Научный совет по аналитическим методам при Всероссийском институте минерального сырья (ВИМС).

фотометрия; масс-спектрометрия с ИСП на базе квадрупольного прибора Agilent 7900 и другие методы.

Как и в ряде других научных и образовательных учреждений Иркутска, в Институте земной коры развивались и развиваются рентгеновские методы анализа. Институт хорошо оснащен соответствующей техникой.



Доктор технических наук Анатолий Григорьевич Ревенко

Применение рентгенофлуоресцентного метода анализа (РФА) в институте началось после ввода в эксплуатацию в 1989 г. сканирующего рентгеновского спектрометра VRA-30 фирмы Карл Цейсс. Были разработаны методики определения 11 элементов. Основное внимание уделялось выбору способа пробоподготовки, оптимальных условий измерения интенсивностей аналитических линий и способам оценки и учета взаимных влияний элементов. Большой вклад в разработку методик РФА на начальном этапе исследований внесли В.М. Новиков, А.Г. Ревенко, Г.П. Петрова и Е.В. Худогова. В конце 1990-х гг. рентгенофлуоресцентным методом определяли: Na, Mg, Al, Si, P, S, Cl, K, Ca, Ti, V, Cr, Mn, Fe, Co, Ni (спектрометр СРМ 25); P, S, Cl, K, Ti, V, Cr, Mn, Fe, Co, Ni, Zn, Ga, As, Rb, Sr, Y, Zr, Nb, Mo, Ba, La, Ce, Pb, Th, U (спектрометр VRA 30). При выборе способа анализа для отдельных элементов в конкретных типах горных пород использовали возможности компьютерного моделирования взаимных влияний элементов. Для оценки взаимных влияний элементов, выбора стандартных образцов и для градуировки теоретически оценивали интенсивности рентгеновской флуоресценции используемых для анализа линий и рассеянного излучения. В период до 2000 г. были рассчитаны поправочные коэффициенты для ряда аналитических линий [2]. Оценки потребовались при разработке методики рентгенофлуоресцентного определения элементов в фосфоритах и вмещающих породах. По материалам исследований А.Г. Ревенко в 1994 г. опубликована монография [2], а в 1995 г. защищена докторская диссертация «Рентгеноспектральный флуоресцентный анализ природных материалов».



Рентгенофлуоресцентный спектрометр с полным внешним отражением (фирма «Брукер»)

За период с 2010 г. для волнового рентгеновского спектрометра разработаны методики определения малых содержаний более 30 элементов в горных породах разнообразного состава. В качестве излучателей применяли прессованные таблетки с подложкой из борной кислоты или таблетки, для которых анализируемый материал перед прессованием смешивали со связующим веществом (ваксой). Разработанные ранее методики постоянно совершенствуются, расширяется круг анализируемых объектов и определяемых элементов [4,7].

В институте активно проводятся исследования по расширению возможностей варианта РФА с полным внешним отражением (РФА ПВО) [5].

Используются спектрометры S2 PICOFOX (с 2009 г.), S8 TIGER (с 2011 г.) и S4 T-STAR (с 2021 г.). Сотрудники ЦКП (Г.В.Пашкова, А.С. Мальцев и др.) являются лидерами среди российских ученых по публикационной активности в области применения этого метода. В отличие от традиционного РФА, вариант РФА ПВО ориентирован на анализ жидкостей и имеет большой потенциал для геохимических, геологических и археологических исследований, особенно при ограниченном количестве доступного материала объекта и отсутствии подходящих стандартных образцов. Для варианта РФА ПВО разработаны методические подходы для анализа следующих объектов:

- природные воды разной степени минерализации и рассолы (прямой анализ или анализ проб после разбавления);
- донные отложения, почвы и конкреции (анализ суспензий из порошковых образцов);
- образцы апатита (анализ единичных кристаллов, анализ порошковых проб после кислотного разложения);
- археологические образцы керамики (анализ суспензий, кислотное выщелачивание);
- руды (анализ суспензий, полученных мокрым измельчением);
- молочные продукты (прямой анализ или анализ проб после разбавления);
- чай (анализ суспензий, кислотное разложение, чайные инфузии);
- алкогольные и безалкогольные напитки (прямой анализ, кислотное разложение).

Вариант РФА ПВО ориентирован на анализ микроколичеств вещества, нанесенного на подложку-отражатель в виде тонкого слоя, поэтому особое внимание уделяется процедуре подготовки проб к анализу. Необходимо также учитывать возможные спектральные наложения, матричные эффекты, влияние размера частиц и другие факторы. В обзоре [5] можно найти краткое описание и ссылки на работы, посвященные анализу различных минеральных веществ в ЦКП с использованием спектрометра S2 PICOFOX, оснащенного рентгеновской трубкой с Мо-анодом. В 2021 г. в ЦКП установлен рентгеновский спектрометр S4 T-STAR (Bruker), оснащенный двумя микрофокусными рентгеновскими трубками с анодами из Мо и W. Это позволяет расширить возможности метода за счет увеличения числа определяемых элементов.

Сотрудниками АЦ-ЦКП защищено немало кандидатских диссертаций, например: Г.В. Пашковой (2011) – «Изучение источников погрешностей и разработка неструктивных методик РФА молочных продуктов», Д.С. Суворовой (2017) – «Выбор оптимальных условий и разработка методик рентгенофлуоресцентного определения малых содержаний редких элементов в горных породах», А.С. Мальцева (2021) – «Многоэлементный анализ алкогольных и безалкогольных напитков методом рентгенофлуоресцентной спектрометрии с полным внешним отражением». Сотрудниками АЦ-ЦКП опубликован ряд обзорных работ, в которых рассмотрены особенности применения РФА для исследования различных материалов (не только геологических, но, например, материалов культурного наследия, твердотельных пленок и покрытий, продуктов питания, биологических и медицинских образцов, изделий из металла, криминалистических объектов).

На базе института проведен ряд конференций по рентгеновским методам анализа. А.Г. Ревенко возглавлял Комиссию по рентгеновским методам анализа Научного совета РАН по аналитической химии.

Литература

1. *Васильев Е.К., Нахмансон М.С.* Качественный рентгенофазовый анализ. Новосибирск: Наука. 1986. 195 с.
2. *Ревенко А.Г.* Рентгеноспектральный флуоресцентный анализ природных материалов. Новосибирск: ВО «Наука», Сиб. издательская фирма. 1994. 264 с.
3. *Ревенко А.Г.* Физические и химические методы исследования горных пород и минералов в Аналитическом центре ИЗК СО РАН. DOI: 10.5800/GT2014510xxx.
4. *Иванов А.В., Демонтерова Е.И., Ревенко А.Г. и др.* История и современное состояние аналитических исследований в Институте земной коры СО РАН: Центр коллективного пользования «Геодинамика и геохронология». Геодинамика и тектонофизика. 2022. Т. 13. № 2. С. 1–15. DOI: 10.5800/GT-2022-13-2s-0601
5. *Maltsev A.S., Pashkova G.V.* Application of total-reflection X-ray Fluorescence Spectrometry (TXRF) to geological objects: experience of the TXRF laboratory, Center for Geodynamics and Geochronology. Geodynamics & Tectonophysics. 2022. Vol. 13, № 2. <https://doi.org/10.5800/GT-2022-13-2s-0601>

6. *Panteeva S.V., Gladkochoub D.P., Donskaya T.V. et al.* Determination of 24 trace elements in felsic rocks by inductively coupled plasma mass spectrometry after lithium metaborate fusion. *Spectrochim. Acta: Atom. Spectr.* 2003. V. 58B. № 2. P. 341–350.

7. *Suvorova D.S., Khudonogova E.V., Revenko A.G.* X-Ray fluorescence determination of Cs, Ba, La, Ce, Nd, and Ta concentrations in rocks of various composition. *X-Ray Spectrom.* 2017. V. 46. № 3, P. 200–208. <https://doi.org/10.1002/XRS.2747>.

8.9. Лимнологический институт

Лимнологический институт – научное учреждение, выполняющее междисциплинарные комплексные исследования озера Байкал и других водоемов Сибири. Институт является преемником организованной в 1928 г. Байкальской лимнологической станции, первого научного учреждения Академии наук в Сибири. В 1961 г. станция реорганизована в Лимнологический институт СО АН СССР. В составе института 14 научных лабораторий.



Здание Лимнологического института

Лаборатория хроматографии (заведующий к.х.н. А.Г. Горшков) развивает три направления: определение стойких органических загрязняющих веществ (СОЗ) в объектах Байкальской природной территории; исследование вторичных метаболитов байкальских микроорганизмов; экспериментальные исследования генов и протеомов. Воды Байкала чисты, СОЗ в байкальской воде присутствуют на следовом уровне концентраций, поэтому нормативные документы государственного экологического контроля и международные стандарты не отвечают требованиям методического обеспечения мониторинга СОЗ в водах озера. В лаборатории проводится поиск новых аналитических решений этой проблемы, результаты которого отражены в публикациях и методиках, внесенных в федеральный реестр средств измерений [1-4]. В частности, для полихлорированных бифенилов (ПХБ), доминирующим источником которых в водах Байкала является глобальный атмосферный перенос, разработаны способы определения в поверхностных водах на следовом уровне концентраций, исследовано влияние природных источников полициклических ароматических углеводородов (ПАУ) – нефтепродуктов и лесных пожаров – на чистоту вод Байкала [5-7]. Идентифицированы антибиотические соединения, продуцируемые байкальскими штаммами, идентифицированы цианотоксины у микроорганизмов Байкала, водоемов Байкальской территории, и идентифицировано более 50 вариантов токсинов цианобактерий [8]. Совместно с лабораторией ихтиологии исследованы байкальские рыбы – омуль и байкальские голомянки – как индикаторы СОЗ в воде. Разработаны также методики определения СОЗ в природных аккумулялирующих матрицах – снежном покрове, в хвое сосны, совместно с лабораторией гидрохимии и химии атмосферы по полученным данным дана оценка распространения ПАУ от источников.

Другая лаборатория, лаборатория гидрохимии и химии атмосферы (заведующая д.г.н., профессор Т.В. Ходжер), с 2003 г. аккредитована в Госстандарте РФ на техническую компетентность и независимость. Область аккредитации лаборатории: вода природная (поверхностная, подземная); атмосферные осадки; вода сточная очищенная; вода сточная; вода питьевая; атмосферный аэрозоль (водная вытяжка); атмосферный воздух; почва и донные отложения. Выполняемые сегодня анализы в лаборатории с применением современного оборудования и методик, частично разработанных в Институте, имеют высокую точность: для биогенных элементов до 10%, главных ионов 5-7 % [9-13]. В течение последних 20 лет лаборатория участвует в нескольких российских и международных сравнительных испытаниях (МСИ) для проверки используемых методик при анализе различных природных объектов [14-18]. Разработан комплекс методик для анализа поровых вод, донных отложений, и исследованы биогеохимические процессы в донных отложениях на границе раздела «вода-дно» как в фоновых районах озера, так и в районах разгрузки природных углеводородов [19,20]. В рамках программы 13 стран азиатского континента (ЕАНЕТ, «Сеть станций мониторинга кислотных выпадений в Восточной Азии») организованы и работают три станции непрерывного мониторинга атмосферы. По соглашению между Росгидрометом и Лимнологическим институтом, лаборатория гидрохимии и химии атмосферы определена как Центр данных, отвечающих за получение и обработку данных по этой программе от РФ.

Обе лаборатории укомплектованы современными хроматографами и хромато-масс-спектрометрами: хромато-масс-спектрометром с тройным квадруполом, газовым хромато-масс-спектрометром, жидкостным хроматографом с времяпролетным масс-спектрометрическим детектором, тандемным времяпролетным масс-спектрометром с матричной лазерной десорбцией/ионизацией, газовым хроматографом, жидкостными микроколоночными хроматографами, препаративным жидкостным хроматографом, ионными хроматографами, квадрупольным масс-спектрометром с индуктивно-связанной плазмой, атомно-абсорбционным спектрометром, анализатором общего органического углерода и азота, портативным газовым хроматографом, газоанализаторами SO_x , CO_x , NO и NO_x , O_3 , Hg.

Литература

1. Горшков А.Г., Изосимова О.Н., Кустова О.В. Определение приоритетных полициклических ароматических углеводородов в воде на следовом уровне концентраций. Журн. аналит. химии. 2019. Т. 74. № 8. С. 580–587.
2. Кустова О.В., Степанов А.С., Горшков А.Г. Определение индикаторных конгенов полихлорированных бифенилов в воде на ультраследовом уровне концентраций методом газовой хроматографии – тандемной масс-спектрометрии. Журн. аналит. химии. 2021. Т. 76. № 11. С. 1028–1037.
3. МВИ индикаторных конгенов полихлорированных бифенилов в пробах поверхностных и глубинных вод озера Байкал методом хромато-масс-спектрометрии с детектированием в режиме мониторинга заданных реакций ФР.1.31.2020.36324
4. МВИ индикаторных конгенов полихлорированных бифенилов в образцах рыбы (омуле) озера Байкал методом хромато-масс-спектрометрии с детектированием в режиме мониторинга заданных реакций. ФР.1.31.2021.40284
5. Gorshkov A., Pavlova O., Khlystov O., Zemskaya N. Fractioning of oil as a factor of purity preservation of Lake Baikal water in oil seeps (East Siberia, Russia). Journal of Great Lakes Research. 2020. V.46. № 1. P. 115–122.
6. Gorshkov A.G., Izosimova O.N., Kustova O.V., Marinaite I.I., Galachyants Y.P., Sinyukovich V.N., Khodher T.V. Wildfires as a source of PAHs in surface water of background areas (Lake Baikal, Russia). Water. 2021. Vol. 13. № 19. P. 2636.
7. Gorshkov A.G., Kustova O.V., Bukin Y.s. Assessment of PCBs in Surface Water at Ultratrace Level: Traditional Approaches and Biomonitoring (Lake Baikal, Russia). Appl. Sci. 2022. Vol. 12. P. 2145.
8. Белых О.И., Тихонова И.В., Кузьмин А.В., Сороковикова Е.Г., Потапов С.А., Галкин А.В., Федорова Г.А. Токсин-продуцирующие цианобактерии в озере Байкал и водоемах Байкальского региона. Теоретические проблемы экологии. 2020. Т. 2020. № 1. С. 21–27.
9. Барам Г.И., Верещагин А.Л., Голобокова Л.П. Микроколониальная высокоэффективная жидкостная хроматография с УФ-детектированием для определения анионов в объектах окружающей среды. Журн. аналит. химии. 1999. Т. 54. № 9. С. 962–965.
10. Верещагин А.Л., Дудинский В.Ф., Голобокова Л.П., Барам Г.И., Грачев М.А. Определение поглощающих в УФ-области анионов в объектах окружающей среды методом микроколониальной высокоэффективной жидкостной хроматографии. Журн. аналит. химии. 2000. Т. 55. № 10. С. 1111–1114.
11. МВИ массовой концентрации гидрокарбонат-, хлорид-, нитрит-, нитрат-, сульфат- и фосфат-анионов в питьевых, природных и очищенных сточных водах методом ВЭЖХ. ФР.1.31.2008.04416.
12. МВИ массовой концентрации бромид-, иодид-, нитрат- и нитрит-анионов в питьевых, природных и очищенных сточных водах методом ВЭЖХ. ФР.1.31.2008.04415.
13. ГСИ. Массовая концентрация хлорид- и сульфат-анионов в воде. Методика выполнения измерений методом высокоэффективной жидкостной хроматографии. Иркутск, 2004.

14. *Khodzher T. V., Domyshcheva V.M., Sorokovikova L.M., Golobokova L.P.* Part II. Method and case studies for understanding and monitoring the landscapes of Siberia. Chapter 3. Methods for monitoring the chemical composition of Baikal water. *Novel Methods for Monitoring and Managing Land and Water Resources in Siberia.* ред. L. Mueller, A.K. Sheudshen, F. Eulenstein. 2016. P. 113-132.

15. QA/SAC–Americas. Available online: <http://qasac-americas.org>.

16. Acid Deposition Monitoring Network in East Asia. Available online: <http://www.eanet.asia>.

17. *Смоляков Б.С., Ходжер Т.В., Шинкоренко М.П., Павлюк Л.А., Филимонова С.Н., Домышева В.М., Голобокова Л.П., Нецветаева О.Г., Погодаева Т.В.* Межлабораторное сопоставление методов анализа ионного состава атмосферных осадков и аэрозолей. *Химия в интересах устойчивого развития.* 2004. Т. 12. № 5. С. 559–568.

18. *Ходжер Т.В., Голобокова Л.П., Нецветаева О.Г., Домышева В.М., Погодаева Т.В., Коровякова-Томберг И.В.* Результаты тестирования химических параметров искусственных стандартных образцов дождей и пресных поверхностных. *Оптика атмосферы и океана.* 2004. Т. 17. № 5-6. С. 478–482.

19. *Pogodaeva T.V., Lopatina I.N., Khlystov O.M., Egorov A.V., Zemskaya T.I.* Background composition of pore waters in Lake Baikal bottom sediments. *Journal of Great Lakes Research.* 2017. V. 43. No. 6. P. 1030–1043.

20. *Pogodaeva T.V., Lopatina I.N., Bashenkhaeva N. V., Shubenkova O.V., Zemskaya T.I., Khodzher T.V.* Benthic dissolved organic carbon fluxes and distribution in Lake Baikal sediments. *Limnology and Freshwater Biology.* 2020. No. 4. P. 879–881.

8.10. Институт водных и экологических проблем

Это научное учреждение, созданное в 1987 г., находится в Барнауле, но имеет филиалы и несколько стационаров и лабораторий в других регионах юга Западной Сибири.



Здание Института водных и экологических проблем

Имеющийся в институте химико-аналитический центр возглавляет д.х.н. Татьяна Савельевна Папина.



Доктор химических наук Татьяна Савельевна Папина

Область научных интересов центра: анализ объектов окружающей среды и организация экоаналитического контроля для изучения поведения и трансформации загрязняющих веществ в водоемах и на водосборных бассейнах; разработка методик определения ультранизких концентраций веществ для оценки экологического состояния атмосферы по высокогорным ледниковым кернам и атмосферным осадкам; разработка методик пробоотбора и пробоподготовки образцов для анализа объектов окружающей среды.

Химико-аналитический центр проводит также массовые анализы в интересах других подразделений института, обеспечивает химико-аналитическое сопровождение работ, связанных с оценкой сложных экологических ситуаций как в регионе, так и за его пределами.

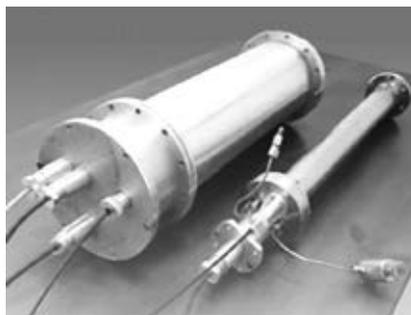
8.11. Институт оптики атмосферы имени В.Е. Зуева

Этот институт был первым академическим институтом в Томске, он образован в 1969 г.



Здание Института оптики атмосферы им. В.Е. Зуева

В числе методов и приборов, разработанных и разрабатываемых в институте, определенное место занимают способы и устройства для определения различных веществ в атмосфере. Например, в лаборатории молекулярной спектроскопии, которой заведует к.ф.-м. наук А.А. Луговской, для молекулярной спектроскопии применен метод распознавания образов – для автоматического поиска линий в сложных спектрах и для решения обратных спектроскопических задач интерпретации спектра. Создан комплекс спектрометрических анализаторов для анализа растворов, выдыхаемого воздуха, нефтепродуктов. Для контроля влажности газа в газопроводах создан спектрофотометрический анализатор «Зима» (совместно с фирмой «Вега»), используемый на практике.



Спектрофотометрический измеритель влажности газа высокого давления «Зима»

В лаборатории атмосферной абсорбционной спектроскопии (руководитель д.ф.-м. наук Ю.Н. Пономарев) разрабатываются методы и приборы для обнаружения и определения газов, поступающих в атмосферу из литосферы, гидросферы и биосферы. Был создан мобильный многоволновый лидар «Фаран-М2», пригодный, в частности, для контроля загрязнений атмосферы и определения источников этих загрязнений.



Мобильный лидар «Фаран-М2»

Работы аналитического характера проводят также лаборатория лидарных методов, которой до 2022 г. руководил д.ф.-м.н. Г.Г. Матвиенко, лаборатория дистанционного зондирования окружающей среды (заведующий д.ф.-м.н. О.А. Романовский), Центр лазерного зондирования атмосферы (руководитель д.ф.-м.н. С.М. Бобровников). Центр коллективного пользования «Атмосфера» (директор д.ф.-м.н. Б.Д. Белан). В Центре лидарного зондирования создан лидар для контроля газовых выбросов из труб промышленных предприятий, многое сделано для определения концентрации озона в различных слоях атмосферы.

8.12. Геологический институт имени Н.Л. Добрецова

Институт организован в Улан-Удэ в 1973 г. Решает широкий комплекс фундаментальных и региональных геологических задач, а также экологические и сейсмологические.



Лабораторный корпус института

В структуре института две аналитические лаборатории. *Лаборатория инструментальных методов анализа* (заведующий к.г.-м.н. С.В. Канакин) создана в 2016 г. объединением лаборатории физических методов анализа и лаборатории химико-спектральных методов анализа. В составе лаборатории три научных сотрудника и 11 инженерно-технических работников. В лабораторию входят: 1) группа химико-спектральных методов анализа (руководитель Б.Б. Лыгденова); 2) группа изотопных методов (руководитель В.Ф. Посохов); 3) группа растровой электронной микроскопии и рентгеноспектрального микроанализа (руководитель С.В. Канакин). Имеются: растровый электронный микроскоп LEO-1430VP (Carl Zeiss) с системой энергодисперсионного микроанализа INCA Energy 350 (Oxford Instruments); газовый масс-спектрометр Finnigan MAT 25, дополненный газовым анализатором с автосамплером, преобразователем потока, элементными анализаторами для жидкостей и твердых образцов, установкой лазерной абляции, газовым хроматографом с микропечью сжигания; три атомно-абсорбционных спектрометра; атомно-эмиссионный спектрометр с индуктивно-связанной плазмой OPTIMA 2000 DV, спектрофотометр UNICO 1201, иономер Анион-4100.



Заведующий лабораторией инструментальных методов анализа к.г.-м.н. С.В. Канакин

Аналитико-исследовательская лаборатория геохронологии и геохимии окружающей среды (заведующий к.г.-м.н. В. Б. Хубанов) создана в 2021 г. В составе лаборатории 10 сотрудников, из них четыре кандидата наук. Одной из главных задач является развитие изотопно-геохимических и изотопно-геохронологических методов и их применение.

Оборудование лаборатории: спектрометр рентгеновский волновой сканирующий ARL PERFORM'X-4200 (Thermo Scientific); спектрометр рентгеновский энергодисперсионный поляризационный ЭДПРС-1 (собственная разработка); магнитно-секторный масс-спектрометр с индуктивно-связанной плазмой Element XR (Thermo Scientific); установка ультрафиолетового лазера UP-213 (NewWave); микроскопы. Имеется специализированное помещение для химической пробоподготовки, оснащенное, в частности, системой очистки приточного воздуха.

Глава 9

УРАЛЬСКОЕ ОТДЕЛЕНИЕ

Традиции в части развития аналитической химии на Урале очень значительны, но в основном они складывались в вузах и отраслевых научно-исследовательских институтах (Екатеринбург, Пермь). В частности, много внимания уделялось классическим методам (Н.А. Тананаев, В.С. Сырокомский, В.Л. Золотавин, В.Н. Подчайнова и многие др. – в Екатеринбурге), органическим реагентам (С.И. Гусев, В.П. Живописцев и др. уже в Перми), атомно-эмиссионному и другим спектроскопическим методам элементного анализа (В.Н. Музгин, А.А. Пупышев, С. Шубина и др.), разработке стандартных образцов (А.Б. Шаевич, В.В. Стенин и др.). В академических учреждениях работы по аналитической химии в значительной степени, хотя и не всегда, посвящались решению прикладных задач.

9.1. Институт высокотемпературной электрохимии

Имеющийся в Институте центр коллективного пользования (ЦКП) наряду с аналитическим обслуживанием имеет и задачу создания новых методик исследования и химического анализа (в структуре ЦКП, если верить сайту института, есть группа «химического и элементного анализа» – разве элементный анализ не вид химического анализа?).

В институте работал кандидат технических наук Виктор Николаевич Стрекаловский (1932–2017), публиковавший методические работы в журналах по аналитической химии, в том числе работы по использованию рентгеновских методов.



Здание Института высокотемпературной электрохимии



Кандидат технических наук Виктор Николаевич Стрекаловский

Из некролога (сайт института): «Он внедрил в практику работы института такие инструментальные методы как атомно-абсорбционная и плазменно-эмиссионная спектроскопия, рентгеноспектральный микроанализ и растровая электронная микроскопия, спектроскопия комбинационного рассеяния света (в макро- и микровариантах), рентгеноэлектронная и Оже-спектроскопия. Он был инициатором создания в ИВТЭ Центра коллективного пользования “Состав вещества”, который стал первым ЦКП в УрО РАН. В качестве ученого секретаря Совета по научному оборудованию при президиуме УрО РАН В.Н. Стрекаловский многое сделал для научно-технического оснащения уральских академических институтов. Он был инициатором создания и первым исполнительным директором ассоциации „Ураланалит“».

Проводятся аналитические исследования и в настоящее время.

9.2. Институт химии твердого тела

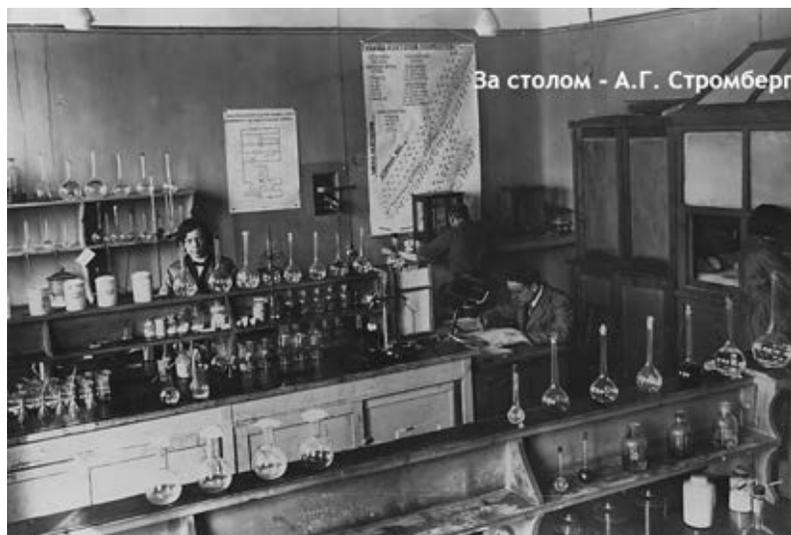
Этот институт фактически был родоначальником академической химии на Урале, его история начинается с 1932 г., когда было образовано Уральское отделение АН СССР. Претерпев ряд реорганизаций и переименований, институт получил свое нынешнее название в 1991 г. До этого от «коренного» научного учреждения отпочковались Институт органического синтеза им. И.Я. Постовского и Институт высокотемпературной электрохимии (сначала просто «электрохимии»).

Институт имеет значительные заслуги в развитии неорганической химии, неорганического материаловедения и смежных областей. Ряд ведущих сотрудников института были и являются в настоящее время членами Академии наук.



Здание Института химии твердого тела

Работы по химическому анализу осуществлялись в институте практически с момента его создания. В годы войны и в первые послевоенные годы (1943–1950) здесь работал известный аналитик-электрохимик, будущий профессор Армин Генрихович Стромберг (1910–2004).



А.Г. Стромберг в лаборатории (сидит за столом)

Сотрудником института некоторое время был Витольд Сигизмундович Сырокомский (1892–1951). В 1936 г. Сырокомский создал лабораторию аналитической химии и технологии редких металлов в Уральском филиале АН СССР, он автор книг «Методы анализа железных и марганцевых руд» (1941), «Методы анализа железных руд (1950)», «Ванадатометрия» (1950). В основном же он работал в высших учебных заведениях.



Витольд Сигизмундович Сырокомский

С 1952 г. аналитическую лабораторию (официально и созданную в это время) возглавила к.х.н. Нина Васильевна Баусова.

В 1959 г. в институте была создана вторая аналитическая лаборатория, названная лабораторией физико-химических методов анализа. Ее возглавил Дмитрий Иванович Курбатов (1920–2012) и был ее заведующим до 1986 г.

В 1981 г. лаборатория аналитической химии была соединена с лабораторией физико-химических методов анализа. Дмитрий Иванович Курбатов был участником Великой Отечественной войны и пускового периода комбината «Маяк» (в части определения плутония), развивал вольтамперметрические методы анализа. Он возглавлял Уральское отделение Научного совета АН СССР по аналитической химии.



Доктор химических наук Дмитрий Иванович Курбатов

В 1980-х годах лаборатория под руководством Д.И. Курбатова обеспечивала элементный анализ тугоплавких фаз внедрения на основе оксикарбонитридов переходных металлов, сложных оксидов редких и редкоземельных элементов. Для определения азота, углерода и кислорода были разработаны методы высокотемпературной восстановительной экстракции [1]. Была создана и вошла в практику аттестации карбидных материалов методика совместного определения общего содержания углерода в образце и содержания несвязанного углерода после химического растворения карбида и сжигания углеродного остатка в кислороде. Для определения металлов под руководством Д.И. Курбатова были созданы оригинальные методики полярографического определения катионов в смешанных водно-органических средах с угольно-пастовым электродом. Основными методами многоэлементного анализа материалов, металлов в сплавах служили атомно-эмиссионный анализ и масс-спектрометрия вторичных ионов.

В 1986–1992 гг. лабораторией заведовал д.х.н. Рафаэль Николаевич Плетнев. В этот период для анализа состояния связанной воды в оксидных материалах стали широко применять метод протонного магнитного резонанса.

С 1992 г. в лаборатории началось формирование нового научного направления (д.х.н. Евгений Валентинович Поляков) – разработка методов определения химического состава комплексных и коллоидных соединений, образующихся следовыми количествами элементов (включая радионуклиды) в водных растворах сложного состава с целью создания эффективных способов очистки природной воды от тяжелых металлов и радионуклидов. Это стало возможным благодаря оснащению лаборатории новым аналитическим оборудованием, включая масс-спектрометры Spectromass 2000, Elan 9000, атомно-эмиссионный спектрометр Optima, анализаторы кислорода, азота, углерода, серы отечественных фирм МЕТАВАК и ЭСКАН, полярографическое оборудование. В середине 2000-х годов Е.В. Поляковым инициированы

исследования в направлении сравнительного физико-химического анализа активности неорганических фотокатализаторов методами вольтамперометрии. Для исследования реакционной способности сорбционных и фотокаталитических материалов начали применять методы компьютерного моделирования электронного строения твердого тела [2]. Тесное сотрудничество с группой академика Г.П. Швейкина позволило создать ряд новых сорбционных материалов (д.х.н. В.Н. Красильников). Полученные этими методами композиты на основе графена и аморфного оксида алюминия показали рекордные сорбционные характеристики при концентрировании ионов La, Ce, U, выделении гуминовых кислот из природной воды [3,4]. На основе использования нанокompозитных трековых мембран был предложен новый метод концентрирования микроэлементов из водных растворов и суспензий [5].

Для химиков-аналитиков могут представлять интерес работы Е.В. Полякова о состоянии микроэлементов в растворах [6-8].



Сотрудники лаборатории физико-химических методов анализа. 2016 г.

На базе лаборатории функционирует Центр коллективного пользования оборудованием, созданный в 2003 г. совместно с аналитической лабораторией Института высокотемпературной электрохимии УрО РАН.

Литература

1. Швейкин Г.П., Алямовский С.И., Зайнуллин Ю.Г., Гусев А.И., Губанов В.А., Курмаев Э.З. Соединения переменного состава и их твердые растворы. Свердловск: УНЦ РАН. 1984. 292 с.

2. Зайнулина В.М., Жуков В.П., Коротин М.А., Поляков Е.В. Влияние легирования атомами бора, углерода и азота на магнитные и фотокаталитические свойства анатаза. Физика твердого тела. 2011. Т. 53. № 7. С. 1284–1291.

3. *Chebotina M.Ya., Guseva V.P., Polyakov E.V.* Zooplankton of the cooling reservoir of the Beloyarka Nuclear Power Station characterization and accumulative ability. In: *Zooplankton: species diversity, distribution and seasonal dynamics*. Ed. G. Kehayias. New York: Nova Science Publishers, Inc. 2014. 242 p. ISBN 978-62948-720-5.

4. *Krasil'nikov V.N., Baklanova I.V., Polyakov E.V., Volkova I.V., Khlebnikov A.N., Tyutyunnik A.P., Tarakina N.V.* Amorphous nanostructured composites A1203:nC with enhanced sorption affinity to La (III), Ce(III), U(VI) ions in aqueous solution. *Inorganic Chemistry Communications*. 2022. V. 138. April.

5. *Polyakov E.V., Ioshin A.A., Volkov I.V.* Competitive adsorption as a physicochemical ground for self-sufficient decontamination areas from radioactive pollutants. Eds. D. Voronina, A. Gupta. Springer. 2019.

6. *Поляков Е.В.* Реакции ионно-коллоидных форм микрокомпонентов и радионуклидов в водных растворах. Екатеринбург: ИХТТ УрО РАН. 2003.

7. *Поляков Е.В., Егоров Ю.В.* Современные методы определения физико-химического состояния микроэлементов в природных растворах. *Успехи химии*. 2003. Т. 72. № 11. С. 121–135.

8. *Поляков Е.В.* Коллоидно-химическая экстракция микроэлементов из водной фазы. *Радиохимия*. 2000. Т. 42. № 5. С. 423–426.

9.3. Институт металлургии

Институт создан в качестве самостоятельной организации в 1955 г. и находится в Екатеринбурге.



Здание Института металлургии

В лаборатории аналитической химии под руководством доктора химических наук Константина Юрьевича Шуняева разрабатываются и совершенствуются методики элементного анализа неорганических материалов, в том числе с использованием термодинамического моделирования (ИСП-АЭС, ЭТААС).



Доктор химических наук Константин Юрьевич Шуняев

9.4. Институт технической химии

Институт находится в Перми, создан в 1985 г. и первые пять лет назывался Институтом органической химии. Нынешнее название получил в 1990 г.



Здание Института технической химии

В институте выполняются исследования по созданию материалов на основе органических полимеров и неорганических соединений, разработке теории химического строения и методов синтеза органических соединений.

Научным направлением лаборатории органических комплексобразующих реагентов является синтез органических реагентов для гетерофазных процессов концентрирования и разделения цветных и редких металлов, которые могут представлять интерес и для аналитической химии. Организатор и заведующий лабораторией в период с 1985 по 2012 г. – д.т.н. Александр Львович Радушев, с 2012 г. ею руководит к.х.н. Лариса Геннадьевна Чеканова.

Среди синтезированных и изученных реагентов – экстрагенты для выделения и концентрирования ионов металлов, например меди, никеля и кобальта [1]. Исследованы также расслаивающие водные системы, представляющие интерес для жидкостной экстракции [2].

Литература

1. Радушев А.В., Чеканова Л.Г., Гусев В.Ю., Насретдинова Т.Ю. Диалкилгидразиды, диалкилгидразины и диметилалкилгидразиниевые соли. Получение, свойства и применение в процессах концентрирования металлов. Екатеринбург: Уральск. центр академич. обслуживания. 2011. 206 с.

2. Петров Б.И., Леснов А.Е., Денисова С.А. Водные расслаивающиеся системы с протолитическим взаимодействием: физико-химический анализ и аналитические возможности. Барнаул: Изд-во Алтайск. ун-та. 2014. 132 с.

9.5. Институт механики

Институт находится в Ижевске, входит в состав Удмуртского ФИЦ РАН. По названию своему к аналитической химии институт относиться, казалось бы, совсем не должен. В целом, конечно, он и не относится, но работавший ученым секретарем и заместителем директора института кандидат химических наук Алексей Владиславович Трубачев проводил и проводит исследования в области электрохимических методов анализа, аналитической химии ванадия и другие, прямо касающиеся обсуждаемой в этой книге науки.



Кандидат химических наук Алексей Владиславович Трубачев

А.В. Трубачев – соавтор ряда небольших монографий по различным актуальным вопросам химии и экологии.

9.6. Институт экологических проблем Севера

Институт является составной частью ФИЦ комплексного изучения Арктики, в состав института входит лаборатория экоаналитических исследований.

Еще в 1989 г. на базе (неакадемической) лаборатории лигнина в Архангельске была образована Лаборатория химико-аналитических исследований промвыбросов ЦБП, входившая в состав Минлеспрома СССР. В 1991 г. она была переведена в Институт экологических проблем Севера УрО РАН, в 1998 г. была переименована в лабораторию экоаналитических исследований. С 1991 по 2014 г. лабораторию возглавляла к.х.н. А.Ф. Троянская. В настоящее время лабораторией заведует к.г.-м.н. Н.М. Кокрятская. Существенное влияние на деятельность лаборатории оказывал и оказывает директор института в 2009–2015 гг. и в настоящее время д.х.н. Константин Григорьевич Боголицин, хорошо понимающий задачи и возможности современной аналитики.



Доктор химических наук Константин Григорьевич Боголицин

Лаборатория занимается оценкой химического загрязнения экосистем водосборных территорий арктических морей, в том числе изучением «судьбы» устойчивых хлорорганических соединений, включая диоксиноподобные: путей их миграции, трансформации и аккумуляции. С использованием аттестованных методик, разработанных в лаборатории, на крупных предприятиях, выпускающих беленую целлюлозу, проводится оценка экологической эффективности применяемых технологий, включая проведение эколого-аналитического мониторинга за содержанием хлорорганических соединений в технологических средах и в окружающей среде. Выполняются многолетние систематические наблюдения по выявлению воздействия биогеохимических процессов серы и хлора на поведение редокс-зависимых элементов и протекание внутриводоемных процессов в пресных и морских экосистемах Севера.

В 1991 г. в институте была создана лаборатория химии и использования технических лигнинов, а в 2009 г. на базе этой лаборатории была образована лаборатория химии растительных биополимеров. Руководитель данного научного направления – д.х.н. К.Г. Боголицын, заведующая лабораторией – к.т.н. М.А. Гусакова. Одним из направлений лаборатории является экологическое совершенствование технологии переработки древесного сырья. С помощью аналитических методов выяснено, как формируется состав сточных вод в различных технологических процессах производства целлюлозно-бумажной продукции. В соответствии с международными стандартами обоснован перечень приоритетных показателей эколого-аналитического контроля качества сточных вод ЦБП и методик их определения. Установлен вклад в химическое потребление кислорода (ХПК) индивидуальных компонентов и отдельных фракций веществ различной природы, подтвержден приоритетный характер применения этого параметра для целей экологического контроля. Обоснованы оценки сброса в водные объекты загрязняющих веществ со стоками предприятий ЦБП по интегральным показателям.

В ФИЦ комплексного изучения Арктики УрО РАН действует Центр коллективного пользования научным оборудованием «Критические технологии РФ в области экологической безопасности Арктики», выполняющий аналитические исследования в интересах лабораторий Центра и сторонних заказчиков (руководитель ЦКП – к.х.н. О.С. Бровко).

9.7. Институт биологии Коми научного центра

В 1990 г. в институте была создана объединенная Экоаналитическая лаборатория. Главная цель создания лаборатории – повышение качества химико-аналитических работ, эффективное использование дорогостоящего оборудования, профессиональное его обслуживание. Лаборатория специализируется на анализе почв, воды, растительных и биологических материалов, она аккредитована в соответствии с международным стандартом ISO/IEC 17025.

Экоаналитическая лаборатория оснащена оборудованием для различных методов анализа – атомно-эмиссионной спектроскопии с индуктивно-связанной плазмой, атомно-абсорбционной спектроскопии, других спектрометрических методов для разных областей спектра, спектрофлуориметрии, высокоэффективной газовой и жидкостной хроматографии, хромато-масс-спектрометрии. Кроме рутинных определений лаборатория осуществляет значительную методическую работу. Разработано, аттестовано и внесено в Федеральный информационный фонд по обеспечению единства измерений более 30 методик количественного химического анализа.

Основное направление научной и инновационной деятельности лаборатории – аналитическая химия кислород- и азотсодержащих ароматических соединений. Актуальность исследований в этой области обусловлена широкой распространенностью и токсичностью этих соединений, а также интересом к изучению механизмов трансформации природного органического вещества через химический анализ различных объектов биосферы. Запатентованы способы определения фенола, хлорфенолов, анилина, хлоранилинов, нитрофенолов и метилфенолов в водных средах. Разработанные на их основе высокочувствительные и селективные методики определения производных фенола и анилина (хлор-, нитро- и алкилфенолы, хлор-, метил- и нитроанилины) в водных средах имеют пределы обнаружения 0.002-0.01 мкг/дм³.

На базе лаборатории функционирует Центр коллективного пользования «Хроматография». Руководитель ЦКП «Хроматография» ведущий научный сотрудник экоаналитической лаборатории д.х.н. Иван Владимирович Груздев развивает и использует газовую хроматографию и хромато-масс-спектрометрию, совершенствует методы дериватизации и концентрирования органических соединений.



Доктор химических наук Иван Владимирович Груздев

Разработаны общие подходы к определению гидрофильных органических токсикантов в водных средах, предполагающие направленное изменение их экстракционных и хроматографических свойств в результате многофункциональной (двухстадийной) химической модификации.

Глава 10

ДАЛЬНЕВОСТОЧНОЕ ОТДЕЛЕНИЕ

В ряде институтов этого отделения есть подразделения «аналитического сервиса» – центры коллективного пользования оборудованием, аналитические лаборатории и т. д. Это относится, например, к Дальневосточному геологическому институту, Тихоокеанскому институту биоорганической химии (оба во Владивостоке) или к хабаровскому Институту водных и экологических проблем. Что же касается научно-методических работ, развития аналитической химии как науки, то такие работы осуществлялись и осуществляются в отделении в относительно ограниченных масштабах.

10.1. Институт химии

Институт (образован в 1971 г.) находится во Владивостоке и является, видимо, самым крупным научным учреждением химического профиля на Дальнем Востоке.



Здание Института химии

Заведовавший в этом институте лабораторией ядерно-физических методов анализа доктор технических наук Вадим Васильевич Иваненко (1936–?) развивал нейтронно-активационный анализ (НАА).



Доктор технических наук Вадим Васильевич Иваненко

На основе различных источников нейтронов, в том числе калифорния-252, под его руководством и при непосредственном участии были созданы и внедрены соответствующие установки, разработаны методики инструментального НАА, имевшие предел определения некоторых элементов в 0,1 г/т. В настоящее время работы в области нейтронного активационного анализа с использованием калифорния-252 продолжаются.

В институте имеется лаборатория молекулярного и элементного анализа, ею с 2008 г. заведует кандидат химических наук Святослав Валерьевич Суховерхов. Ведутся работы в области масс-спектрометрии, хроматографии и других методов.



Кандидат химических наук Святослав Валерьевич Суховерхов

Исследования С.В. Суховерхова нацелены в значительной степени на решение аналитических проблем нефтяной промышленности, он автор 120 научных работ, включая две монографии.

10.2. Дальневосточный геологический институт

Институт образован в 1959 г. и находится во Владивостоке.



Здание Дальневосточного геологического института

В 1999 г. по инициативе академика А.И. Ханчука на базе существовавших тогда химико-аналитических подразделений института был создан Аналитический центр. В составе центра вошли четыре лаборатории:

1. Лаборатория микро- и наноисследований.
2. Лаборатория аналитической химии.
3. Лаборатория рентгеновских методов.
4. Лаборатория стабильных изотопов.

Центр хорошо оснащен, приборная база нацелена главным образом на изотопный и элементный анализ – масс-спектрометрия стабильных изотопов атомно-эмиссионная спектрометрия с индуктивно-связанной плазмой (ИСП-АЭС), масс-спектрометрия с индуктивно-связанной плазмой (ИСП-МС), рентгенофлуоресцентный анализ, ионная хроматография. Применение лазерных систем пробоотбора, сканирующей электронной микроскопии (СЭМ), рентгеновского микронзондового анализа, раман-спектроскопии дает возможность выполнять исследования локальных участков (до 10 мкм) твердых поверхностей, флюидных включений геологических образцов, делать послойное элементное и изотопное профилирование и картирование без сложной предварительной химической подготовки проб.

Руководит центром заместитель директора института по научной работе к.б.н. М.Г. Блохин, заместитель руководителя центра – н.с. лаборатории аналитической химии Н.В. Зарубина.

10.3. Северо-Восточный комплексный научно-исследовательский институт имени Н.А. Шило

Институт находится в Магадане.

Руководитель аналитического отдела института, заведующий лабораторией рентгеноспектрального анализа доктор технических наук Владимир Яковлевич Борходоев известен своими работами в области рентгенофлуоресцентного анализа горных пород.



Доктор технических наук Владимир Яковлевич Борходоев

Было создано программное обеспечение такого анализа по способу фундаментальных параметров с модифицированным алгоритмом коррекции матричных эффектов, предложены критерии систематизации аналитических задач при рентгенофлуоресцентном анализе горных пород.

Глава 11

НАУЧНЫЕ УЧРЕЖДЕНИЯ ПРИ ПРЕЗИДИУМЕ АКАДЕМИИ НАУК

11.1. Институт истории естествознания и техники имени С.И. Вавилова

Сотрудник института кандидат химических наук Ариэль Моисеевич Цукерман (1921–2002) применил хлорнитросоединения в органическом анализе, написал интересные работы по истории и по методологическим вопросам аналитической химии, например [1]. Он был председателем Комиссии по истории и методологии аналитической химии ИСАХ, руководил Московским семинаром по органическому анализу, активно работал в Московском правлении РХО им. Д.И. Менделеева.



Кандидат химических наук Ариэль Моисеевич Цукерман

Доктор химических наук Евгения Михайловна Сенченкова посвятила несколько десятилетий изучению наследия основателя хроматографии Михаила Семеновича Цвета, подготовила и издала ряд книг о нем [2–4].



Доктор химических наук Евгения Михайловна Сенченкова.

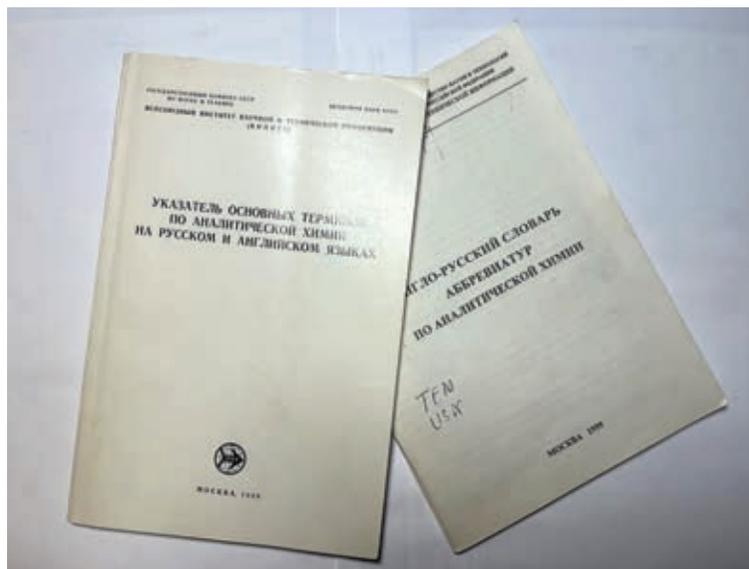
В институте было защищено несколько кандидатских диссертаций по истории отдельных методов и направлений аналитической химии.

Литература

1. *Цукерман А.М.* Развитие методов химического анализа. В кн.: Становление химии как науки. Всеобщая история химии. М.: Наука. 1983. С. 120–177.
2. *Сенченкова Е.М. М.С.* Цвет – создатель хроматографии. М.: Янус-К. 1997. 440 с.
3. *Сенченкова Е.М.* Михаил Семенович Цвет (1872–1919). М.: Наука. 1973. 306 с.
4. *Цвет М.С.* Избранные труды. Сост., автор очерков и комментариев Сенченкова Е.М. М.: Наука.

11.2. Всесоюзный (Всероссийский) институт научной информации

Разумеется, для развития отечественной химии, в том числе и химии аналитической, огромное значение имела организация этого института (ВИНИТИ) и выпуск им с 1953 г. реферативного журнала «Химия» (с его разделом «Аналитическая химия. Оборудование лабораторий»). Штатные сотрудники института, отвечавшие за аналитическую химию, не только привлекали профессиональных химиков-аналитиков к подготовке и редактированию рефератов для журнала, но и периодически подготавливали вместе с ними разного рода справочники, словари, пособия. Так, был издан словарь русских и английских терминов аналитической химии [1, 2]. Выходили и другие справочные издания, в их подготовке участвовал, например, профессор МГУ им. М.В. Ломоносова В.М. Иванов.



Некоторые издания ВИНИТИ

Институт также готовил и издавал серии сборников обзоров по отдельным направлениям химии, в том числе по жидкостной экстракции, включая легкоплавкие экстрагенты (последний обзор готовил Ф.И. Лобанов).

Литература

1. Указатель основных терминов по аналитической химии на русском и английском языках. М.: ВИНИТИ. 1988. 109 с.
2. Англо-русский словарь аббревиатур по аналитической химии. М.: ВИНИТИ. 1999. 65 с.

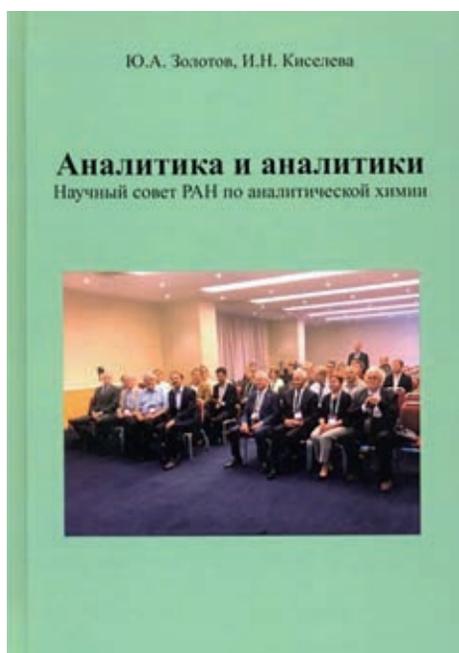
Глава 12

НАУЧНО-ОРГАНИЗАЦИОННАЯ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ

АКТЫ ПРИЗНАНИЯ

12.1. Научный совет РАН по аналитической химии и другие научные советы. Конференции, семинары

Научный совет РАН по аналитической химии имеет внушительную историю и внушительные заслуги. Это один из наиболее активно работающих научных советов Академии наук. Он существует с 1940 г. (до 1970 г. он назывался Комиссией по аналитической химии АН СССР). Базировался первоначально, по-видимому, в ИОНХ АН СССР, затем, с послевоенных лет до 1995 г., в ГЕОХИ АН СССР (РАН), с 1995 г. – в ИОНХ РАН. Деятельность совета подробно освещена в недавно изданной книге Ю.А. Золотова и И.Н. Киселевой «Аналитика и аналитики. Научный совет РАН по аналитической химии» [1]. Поэтому приводимая здесь информация о совете – относительно лаконичная.



Книга о Научном совете РАН по аналитической химии

Научный совет объединяет приблизительно 200 ведущих отечественных ученых и специалистов в области аналитической химии. Имеется также институт почетных членов. Структура совета включает бюро, комиссии, рабочие группы, жюри, выбирающее кандидатов на премии совета, ассоциированные организации и общественные объединения (Всероссийское масс-спектрометрическое общество, ассоциация аналитических центров «Аналитика», ассоциация «Экоаналитика»).

Направления деятельности научного совета указаны ниже. Совет:

- следит за состоянием исследований в области аналитической химии в России и за ее пределами и определяет актуальные направления научных работ в этой сфере; разрабатывает прогнозы развития аналитической химии;

- координирует проводимые в стране научно-исследовательские работы в области аналитической химии;

- оценивает деятельность организаций, лабораторий и групп, участвующих в развитии аналитической химии;

- созывает международные и всероссийские конференции, симпозиумы, совещания, организует школы по теоретическим и прикладным проблемам аналитической химии, семинары, в том числе в регионах;

- рассматривает практические вопросы организации научно-исследовательских работ по аналитической химии, производства и оснащения лабораторий аналитическими приборами, реактивами, стандартными образцами, компьютерными программами и т.д. и по возможности делает соответствующие рекомендации;

- анализирует состояние преподавания аналитической химии в России и за рубежом, предоставляет информацию и предложения по этому вопросу в заинтересованные ведомства и в вузы страны;

- поддерживает контакты с журналами по аналитической химии и способствует их деятельности;

- ежегодно представляет в Президиум РАН отчеты о важнейших научных достижениях аналитиков на основании данных, поступающих от учреждений, предприятий и членов совета, а также отчет о научно-организационной деятельности совета;

- один раз в год проводит итоговые годовые сессии, на которых рассматривает и утверждает отчеты о научных достижениях и научно-организационной деятельности совета за год и обсуждает актуальные проблемы аналитической химии;

- ежегодно проводит конкурс на премии совета за существенный вклад в развитие аналитической химии и конкурс на молодежные премии совета;

- является членом Европейской ассоциации химических и молекулярных наук и имеет там своего представителя, поддерживает связь с Отделением аналитической химии ИЮПАК и другими международными организациями, имеющими отношение к аналитической химии.

Регулярно совет проводит Съезды аналитиков России и большое число специализированных конференций (спектроскопические методы, хроматография, анализ объектов окружающей среды и другие) – это одна из главных форм работы совета.

Совет издавал несколько серий книг, например серию «Проблемы аналитической химии» (издательство «Наука»).

Некоторые области аналитической химии опекались и опекаются и другими научными советами Академии наук. Так, в свое время Научный совет АН СССР по применению изотопов и излучений в народном хозяйстве способствовал развитию и особенно использованию ядерно-физических методов анализа, прежде всего радиоактивационного (председателем совета был академик Г.Н. Флеров). Научный совет по люминесценции имеет в сфере своих интересов и люминесцентный анализ. Одна из секций Научного совета РАН по физической химии активно организует конференции по близким аналитической химии вопросам адсорбции или физико-химическим аспектам хроматографии (председатель секции член-корреспондент РАН А.К. Буряк).

Из неакадемических структур, но связанных с Академией, следует назвать Всероссийское масс-спектрометрическое общество, Хемометрическое общество, Ассоциацию аналитических центров «Аналитика», Эколого-аналитическую ассоциацию «Экоаналитика». Некоторые из этих структур являются, как уже говорилось, ассоциированными членами Научного совета РАН по аналитической химии.

12.2. Издательская деятельность. Журналы

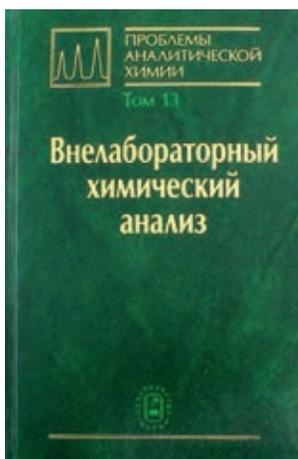
О некоторых сериях книг, издававшихся Научным советом РАН по аналитической химии (часто совместно с ГЕОХИ), уже говорилось выше. Перечислим эти серии.

1) Аналитическая химия элементов. Серия выпускалась в 1960–1990 гг. Издано примерно 50 томов (издательство «Наука»).

2) Аналитические реагенты. Выходила примерно в те же годы. Вышло около 10 томов (издательство «Наука»).

3) Методы аналитической химии (издательство «Химия»). Издано 10–12 книг.

4) Проблемы аналитической химии (сначала серия называлась «Труды Комиссии по аналитической химии»). Выходила приблизительно до 2017 г., издано много томов.



Некоторые книги серии «Проблемы аналитической химии»

В настоящее время в России выходят шесть журналов, посвященных аналитической химии.

– «Журнал аналитической химии». Издается с 1946 г. 12 номеров в год. Выходит в двух версиях – на русском и на английском языках.



Редколлегия и редакция «Журнала аналитической химии». Не позднее 1998 г.

– «Заводская лаборатория. Диагностика материалов». Старейший отечественный журнал (с 1932 г.). Химическому анализу посвящен один из разделов этого журнала. 12 номеров в год.

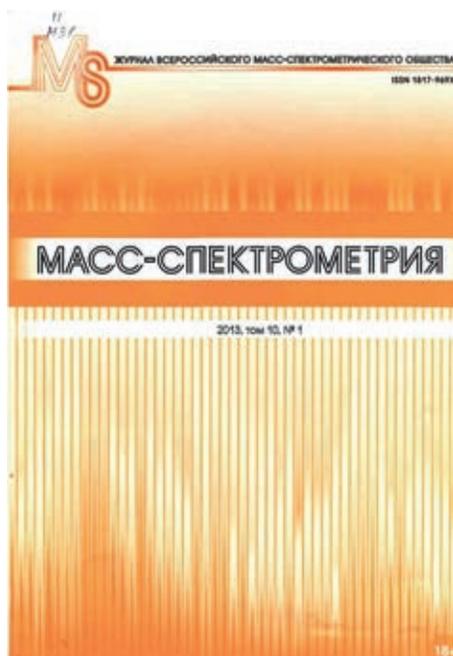
– «Аналитика и контроль». 4 номера в год. Издается в Екатеринбурге.



Доктор химических наук Александр Алексеевич Пупышев долгое время был главным редактором журнала «Аналитика и контроль»

– «Сорбционные и хроматографические процессы». 6 номеров в год. Готовится и выпускается в Воронеже.

– «Масс-спектрометрия». 6 выпусков в год. Многие статьи издаются и на английском языке в «Журнале аналитической химии» (№№ 13 и 14).



Журнал «Масс-спектрометрия»

– «Аналитика». Массовый журнал с большой рекламой, содержит много публикаций сотрудников фирм, но не только.

12.3. Международные связи

Как уже говорилось, Научный совет РАН по аналитической химии является членом Европейской ассоциации химических и молекулярных (прежде Федерация европейских химических обществ). Представителями России в этой организации были Ю.А. Золотов, Б.Я. Спиваков, в настоящее время Г.А. Евтюгин. С.Н. Штыков представляет там Российское химическое общество.

Советские (российские) аналитики активно работали и работают и в других международных организациях, в том числе в Международном союзе теоретической и прикладной химии. О такой работе есть подробная информация в нескольких журнальных статьях [2, 3].

Ряд известных аналитиков были и являются региональными редакторами, членами редакционных коллегий и редакционных советов международных журналов по аналитической химии.



Профессор С.Н. Штыков, председатель Рабочей группы ИЮПАК по наноаналитике (третий слева), на конференции «Евроанализ 18»

Российские аналитики – неперенные участники крупнейших конференций по аналитической химии. Гостями советских (российских) коллег были ведущие мировые ученые в области аналитической химии. В Москве и других городах были проведены крупные международные конференции (см. об этом [1]).



В президиуме Международного конгресса по аналитическим наукам (Москва, 2006). Слева направо: вице-президент РАН академик Н.А. Платэ, профессор Х. Акайва (Япония), член-корреспондент РАН Б.Я. Спиваков, академик Ю.А. Золотов, мэр г. Москвы Ю.М. Лужков

В последние годы, особенно после 2014 г. и тем более после февраля 2022 г., международные контакты российских аналитиков стали ослабевать.

12.4. Акты признания

Аналитики – члены Академии наук – имеют государственные награды, подчас многочисленные. Например:

Академик И.П. Алимарин был Героем Социалистического Труда (1980), имел 4 ордена Ленина (1951, 1967, 1973, 1980), Государственную премию СССР (1972), ордена Трудового Красного Знамени (1951), Красной Звезды (1944), Октябрьской революции (1975), медали.

Академик А.П. Виноградов – дважды Герой Социалистического Труда (1949, 1975), имел премии им. Ленина (1934), Ленинскую премию (1962), две Государственные премии СССР (1949, 1951), 6 орденов Ленина (1949, 1953, 1954, 1965, 1970, 1975), два ордена Трудового Красного Знамени (1945, 1946), медали.

Академик Ю.А. Золотов – лауреат Государственной премии СССР (1972), Государственной премии РСФСР (1991), Государственной премии Российской Федерации (2000), премий Совета Министров СССР (1985) и Правительства РФ (2008), кавалер орденов Трудового Красного Знамени (1974), Александра Невского (2020), Дружбы, «Знак Почета» (1982).

Многочисленные государственные награды имеют многие сотрудники академических институтов, работающие в области аналитической химии.

Государственные премии СССР (РСФСР, РФ) были присуждены ряду коллективов, выполнявших работы, важные для аналитической химии: за

анализ веществ высокой чистоты; за развитие хроматографии; за продвижение ионной хроматографии; за создание микроколоночного жидкостного хроматографа; за макроциклические реагенты, в том числе экстрагенты.

Перечисление международных актов признания заняло бы много места. Это избрание наших ученых иностранными членами в академии, общества, почетными докторами университетов, награждение разного рода медалями (некоторые награды упоминались в этой книге выше) и т. д. Из последних наград (они уже упоминались): д.ф.-м.н. Л.Н. Галль в 2022 г. награждена медалью имени Дж. Томсона за достижения в области масс-спектрометрии, а член-корреспондент РАН В.П. Колотов в 2022 г. удостоен медали имени Г. Хевеши за работы по ядерно-физическим методам анализа.

Литература

1. *Золотов Ю.А., Киселева И.Н.* Аналитика и аналитики. Научный совет РАН по аналитической химии. М.: Спутник+. 2020. 252 с.
2. *Спиваков Б.Я., Штыков С.Н.* Отделение аналитической химии Европейской ассоциации химических и молекулярных наук и участие российских ученых в его работе. Заводск. лаборатория. Диагностика материалов. 2016. Т. 82. № 12. С. 66–70.
3. *Барановская В.Б., Болдырев И.В., Карнов Ю.А., Федотов П.С.* Международные организации в области аналитической химии и участие России в их деятельности. Заводск. лаборатория. Диагностика материалов. 2017. Т. 83. № 1, часть II. С. 5–12.

Приложение

История создания Института аналитической химии Академии наук*

Ю.А. Золотов

Рассмотрены попытки создать в Академии наук отдельный Институт аналитической химии (химического анализа). Эти попытки датируются 1932 и 1936 гг., рубежом 1970–1980-х и особенно 1986–1988 гг. Отмечена роль созданного в 1947 г. Института геохимии и аналитической химии им. В.И. Вернадского.

Ключевые слова: Институт аналитической химии, Институт химического анализа, Академия наук СССР, Институт геохимии и аналитической химии им. В.И. Вернадского.

Этап первый

Вопрос о необходимости создания Института аналитической химии впервые, по-видимому, был поставлен на VI Всесоюзном Менделеевском съезде по теоретической и прикладной химии в Харькове в 1932 г. В резолюции секции контроля об этом имеется специальная запись [1].

*«Колонна** постановила:*

а) форсировать вопрос о создании межведомственного (головного) центрального аналитического исследовательского института... Этот институт должен явиться методологическим центром в области анализа и контроля, научным центром для подготовки новых кадров и повышения квалификации старых».

Этап второй

В начале 1936 г. в президиум АН СССР поступила записка председателя Аналитической комиссии Института общей и неорганической химии Бориса Григорьевича Карпова о целесообразности образовать в академии Институт аналитической химии. В подготовке этой записки принимал участие также докторант института И.В. Тананаев. Записка содержала обоснование целесообразности института, соображения о его задачах, масштабе и структуре. Записка вписывалась в общее движение по расширению и укреплению

* Золотов Ю.А. История создания Института аналитической химии Академии наук. Журн. аналит. химии. 2021. Т. 76. С. 1146–1151.

** Так на этом съезде называли секции.

нию Академии наук в связи с ее переводом в Москву. Президиум академии, судя по всему, склонный, в принципе, поддержать предложение, поручил Химической группе академии рассмотреть этот вопрос и подготовить проект решения президиума.

Во исполнение этого поручения 9 апреля было проведено расширенное совещание президиума Химической группы под председательством академика А.Н. Фрумкина. Из членов президиума группы, помимо самого А.Н. Фрумкина, присутствовал (судя по стенограмме выступлений [2]), по крайней мере, академик Н.Д. Зелинский. Среди приглашенных было несколько сотрудников Института общей и неорганической химии АН СССР: Б.Г. Карпов, И.В. Тананаев, С.А. Погодин, Б.А. Муромцев, Ф.М. Шемякин. Из Всесоюзного института минерального сырья (ВИМС) были К.И. Висконт и И.П. Алимарин, из Института реактивов – В.В. Лонгинов, из Ломоносовского института – Ф.Я. Аносов и Лазарев. В совещании участвовали также А.М. Дымов из Московского института стали и сплавов, А.П. Кустов из Энергетического института, Я.М. Фишман из Военно-химического управления РККА. Важность совещания подчеркивается тем, что на него пригласили и иногородних: А.Ф. Комаровского из Одессы, А.И. Гундера из Харькова. Присутствовали также ученый секретарь Химической группы Ф.И. Шамрай и его заместитель А.В. Лозовой. Существенную роль в подготовке совещания сыграл один из докладчиков Клавдий Робертович Мацюлевич (1883–1938), заместитель руководителя Химической группы АН СССР, химик-органик из Ленинграда. Совещание стенографировалось, стенограмма сохранилась.

Основной доклад сделал Б.Г. Карпов (1870–1940). Вначале он сказал: «О целесообразности этого института нечего говорить. Это само собой понятно». Докладчик обрисовал контур будущего института (материал готовился почти наверняка в ИОНХе). Структурировать институт Карпов предлагал по объектам анализа. К.Р. Мацюлевич во втором докладе рассмотрел главным образом аспекты, связанные с проектированием здания. Обсуждение было обстоятельным, выступали многие, некоторые по несколько раз. Много внимания было уделено как раз вопросу о том, как структурировать институт – по объектам анализа, по методам или как-то иначе, например по отраслям народного хозяйства. Большинство выступающих было за структурирование по методам, этот подход поддержал и А.Н. Фрумкин. Академик Н.Д. Зелинский высказал сомнение в целесообразности создания сразу института, он считал, что сначала надо создать сильные аналитические лаборатории при существующих химических институтах, а потом их объединить. Вот одно из его выступлений.

«Мне кажется, что успехи аналитической химии тесно связаны с развитием всех отделов химических знаний и даже чисто физических. Для того чтобы это дело стало на правильный путь, мне представляется несколько иная картина, чем та, которая рисовалась здесь многими лицами. Не было ли целесообразнее и лучше, чтобы в каждом институте химии были бы отделения аналитической химии? Мы знаем, что в физическом институте можно развивать и аналитическую химию, теми методами усовершенствованными и новыми, которые позволяют быстро и просто решать раз-

личные вопросы <...>. Скажем, в Институте физической химии отделение аналитической химии, что это значит? Это значит, что этот институт следит за современным развитием аналитической химии и сам принимает участие в этом развитии <...>. И мне представляется, что, может быть, вместо того, чтобы создавать аналитический институт, который вмещал бы в себе ту аналитическую химию в том ее виде, о котором шла речь, не правильнее ли было бы аналитическую химию распределить, дабы она планомерно и успешно развивалась бы по отделам химии. Минеральная химия, химия комплексных соединений, физико-химические методы исследования тоже могут внести большие плюсы в развитие аналитической химии...».

Харьковский химик А.И. Гундер возразил:

«То есть оставить аналитическую химию служанкой, как она была до сих пор».

Дальнейшее обсуждение привело к компромиссу. Так, А.П. Кустов сказал следующее:

«Мне кажется, можно принять предложение Николая Дмитриевича. Может быть, сейчас же в системе Академии наук в каждом институте организовать ячейки, которые можно было бы координировать <...> За это время, пока будет построен новый институт, выяснится, что <он>-должен делать...»

Более четко промежуточную позицию сформулировал председательствующий. Реагируя на предложение Кустова, А.Н. Фрумкин отметил:

«Это предложение правильно. Мы будем рассматривать эти лаборатории как подготовительную фазу к образованию института. Это уже организационные мероприятия, не отменяющие решения о создании института в дальнейшем.»

Очевидно, большинство собрания принимает точку зрения о необходимости создания института.

Как будто бы совершенно ясно, что одной из самых важных задач института является разработка методов и, с другой стороны, что эти методы не должны висеть в воздухе, а должны быть связаны с решением конкретных задач в различных областях аналитической химии, тесно увязаны с производством. Но последнее, очевидно, не будет основой структуры института, ибо эти производственные задачи будут все время меняться – сегодня мы должны обратить особое внимание на редкие элементы или на анализ в области рассеянных элементов, а завтра это будет что-нибудь другое. В основе института должно быть разделение не по объектам, а по методам. Это здесь, мне кажется, не вызывает сомнения.

Не вызывает сомнений также то, что серьезной задачей института является разработка методов анализа, и в том числе... методов анализа, которые нигде не разработаны».

В этом же духе было принято и постановление этого совещания.

**Постановление совещания по организации
Института аналитической химии**

Расширенное совещание президиума Химической группы АН совместно с представителями внеакадемических научно-исследовательских учреждений, обсудив вопрос об организации в системе АН Института аналитической химии, постановило:

1. *Считать постановку вопроса президиума Химической группы АН об организации в системе АН самостоятельного Института аналитической химии совершенно своевременным и отвечающим настоятельным нуждам нашего народного хозяйства.*

2. *В основу деятельности Института аналитической химии положить:*

- a) *разработку теоретических основ аналитической химии;*
- b) *разработку новых методов химического анализа, проверку и усовершенствование существующих;*
- в) *производство арбитражных анализов в особо важных случаях;*
- г) *внедрение в практику наиболее совершенных методов химического анализа;*

д) *подготовку кадров высококвалифицированных химиков-аналитиков в порядке аспирантуры и повышения квалификации лиц с производства путем прикомандирования.*

3. *В основу структуры института должен быть положен принцип деления по методу исследования, а не его объектов или отраслей промышленности.*

4. *В соответствии со сказанным выше Совещание предлагает следующую схему построения Института аналитической химии <...>*

5. *Разрешение намеченной задачи в полном объеме невозможно без создания значительных кадров квалифицированных аналитиков. При ограниченности этих кадров в Союзе в настоящее время вопросу создания кадров придется уделить особое внимание, в особенности в отношении овладения и освоения новейших физико-химических методов анализа.*

В связи с этим Совещание просит президиум Химической группы ставить перед Президиумом АН вопрос о реализации следующих мероприятий.

Организовать в ИОНХ, ИОХ, БИОГЕЛ, ИФ, МГУ, ГОИ и Институте химической физики специальные группы, лаборатории или ячейки по аналитической химии, которые послужат в дальнейшем базой для создания Института аналитической химии и смогут быть перенесены в этот институт.

В задачи лабораторий входит сильное осуществление программы, намеченной для института.

5. *В случае принятия п. 5 предлагается организовать в первую очередь работы в области... (Ю.З.: указаны конкретные направления для конкретных институтов, например для Государственного оптического института – по «Раман-эффекту»).*

5 июля того же 1936 г. вопрос о создании Института аналитической химии был рассмотрен на заседании президиума Академии наук СССР. Ниже приведена выписка из протокола заседания.

«Выписка из протокола заседания Президиума от 5 июля 1936 г.
§ 7. Москва

ОМЕН – акад. С.И. Вавилову, Химической группе АН, т. И.В. Зубову, ГУКС т. Л.А. Ольберту, ИОНХ, ИОХ, Биогеохимической Лаборатории, Физическому Ин-ту, Комитету по подготовке кадров, т. Е.А. Злотникову, МАК.

7. СЛУШАЛИ: Об организации в системе Химической группы Академии наук Института аналитической химии.

ПОСТАНОВИЛИ: 1. Считать совершенно своевременным и отвечающим настоятельным нуждам народного хозяйства СССР организацию в системе АН самостоятельного Института аналитической химии.

2. Предложить Председателю группы химии и Строительному управлению АЕ предусмотреть строительство Института аналитической химии площадью в 4.000 кв. м.

3. В основу деятельности Института аналитической химии положить:

а) разработку теоретических основ аналитической химии;
б) разработку новых методов химического анализа, проверку и усовершенствование существующих;

в) внедрение в практику наиболее совершенных методов химического анализа;

г) изготовление особо тонких научных реактивов, необходимых для нужд Академии наук;

д) подготовку кадров высококвалифицированных химиков-аналитиков в порядке аспирантуры и повышения квалификации лиц с производства, путем прикомандирования.

Примечание. Одновременно институт должен быть в тесной связи со всеми аналитическими группами институтов, используя их работы и содействуя, со своей стороны, дальнейшему развитию этих работ.

4. В основу структуры института положить принцип деления по методу исследования (а не по объектам или отраслям промышленности).

5. Утвердить представленную президиумом Химической группы схему построения Института аналитической химии (см. приложение).

6. Учитывая ограниченность в СССР кадров квалифицированных аналитиков, Президиум АН придает особенное значение мероприятиям по созданию их в кратчайшие сроки, с тем чтобы к окончанию постройки и оборудования института имелось бы достаточное число подготовленных к работе в институте сотрудников.

С целью создания ячеек для будущего института Президиум АН предлагает организовать в Институте общей и неорганической химии, Институте органической химии, Биогеохимической лаборатории и Физическом институте АН специальные аналитические группы, на которые должно быть возложено осуществление программы деятельности, намеченной для Института аналитической химии, а главной задачей должна явиться подготовка кадров.

Предусмотреть с 1-го января 1937 г. для организации этих групп штатные единицы научных работников:

для ИОНХ – 3

для ИОХ – 2

для БИОГЕЛ – 2

для Физич. ин-та – 2

Предложить Управлению делами предусмотреть на организацию аналитических групп в указанных институтах ассигнования в бюджете 1937 г., для чего институтам представить сметы.

7. Поручить Химической группе АН немедленно начать переговоры с МГУ, Гос. оптическим институтом и Институтом химической физики о создании в этих институтах ячеек для будущего Института аналитической химии.

Предложить Комитету по кадрам АН учесть при наборе аспирантуры потребность в создании кадров химиков-аналитиков.

8. Войти в СНК СССР с ходатайством о разрешении организации Аналитического института.

Секретарь Академии наук СССР Н.П. Горбунов.

Ход выполнения этого решения проследить не удалось, но из дальнейшего изложения будет ясно, что до 1939–1940 гг. институт создан не был. Аналитические же лаборатории в химических институтах создавались.

Этап третий

Следующим этапом было обсуждение вопроса об институте на Всесоюзной конференции по аналитической химии в декабре 1939 г. В решении конференции был пункт о создании Комиссии по аналитической химии АН СССР, которой вменялась в обязанности «подготовка профиля» будущего института. Это было (в несколько иной формулировке) подтверждено и президиумом АН СССР. Вот выписка из протокола заседания Президиума № 1 за 1940 год.

«Председательствовал Вице-Президент Академии Наук СССР академик О.Ю. Шмидт. Присутствовали: Вице-Президент Академии...

II. Об итогах работы Всесоюзной конференции по аналитической химии. Докладчик А.Н. Бах.

В обсуждении приняли участие: академик Н.С. Курнаков, академик В.Н. Образцов, профессор А.П. Виноградов, академик Е.А. Чудаков, член-корреспондент Г.С. Ландсберг, И.Д. Рыжов, академик О.Ю. Шмидт. <...>

4. Образовать при Отделении химических наук комиссию по аналитической химии, поручив ей в первую очередь проведение решений, принятых конференцией, а также разработку предложений об организации в Академии Наук СССР научно-исследовательских работ по аналитической химии, с последующим представлением этих предложений на рассмотрение Президиума АН СССР».

До начала войны эти решения реализовать не успели.*

* Комиссия по аналитической химии АН СССР была создана в 1940 г.

Этап четвертый. Важный

Уже в первые послевоенные годы, а именно в марте 1947 г., по инициативе члена-корреспондента АН СССР А.П. Виноградова на базе Лаборатории геохимических проблем (бывшая Биогеохимическая лаборатория) был создан Институт геохимии и аналитической химии им. В.И. Вернадского (ГЕОХИ), сыгравший очень значительную роль в развитии аналитической химии. В нем разрабатывали новые методы, продвигали новые направления, решали важнейшие прикладные проблемы. На его базе функционировала и Комиссия по аналитической химии АН СССР, преобразованная в 1970 г. в Научный совет. Институт и комиссия созывали конференции, издавали труды, организовывали международные связи. ГЕОХИ внес большой вклад в решение атомной проблемы, прежде всего в части обеспечения химического анализа соответствующих объектов, впоследствии в космических исследованиях или исследовании океанов. На базе института был организован и в течение многих десятилетий функционировал Московский семинар аналитической химии. Институт был флагманом советской аналитической химии.

Соединение аналитической химии с геохимией было удобно геохимикам института, тем более что в глазах государства аналитическая часть считалась важной, и это давало институту в целом ряд льгот. Так, в 1976 г. под решение проблем аналитического отдела было построено дополнительное здание института.

Аналитическая химия, конечно, с тем же успехом могла быть соединена со многими другими науками или отраслями техники, например с биохимией, медициной или металлургией, а лучше всего, если была бы представлена отдельным институтом.

После кончины А.П. Виноградова, который был химиком по образованию, в значительной степени химиком-аналитиком по опыту своей экспериментальной работы, исследования геохимического отдела стали расширяться быстрее, чем работы аналитического. Мысли аналитиков (не столько института, сколько страны) возвращались к необходимости иметь в Академии наук отдельный Институт аналитической химии. При этом было очевидно, что создание такого института на базе аналитического отдела ГЕОХИ практически невозможно.

Этап пятый

Довольно наивная попытка двинуться в сторону создания такого института была предпринята в конце 1970-х или в начале 1980-х гг. автором этой статьи. Я тоже считал, что ГЕОХИ институт, конечно, замечательный, но Академии наук и стране нужен отдельный Институт аналитической химии. Руководствуясь этой мыслью, я написал письмо в Отделение общей и технической химии о том, что такой институт надо создать. Письмо прочитали и вопрос включили в повестку дня очередного заседания бюро. Меня позвали на это заседание (я уже был членом-корреспондентом АН СССР).

Надо сказать, что в моем письме кроме глубокой мысли, что «надо создать», ничего больше не содержалось. Никаких соображений о том, где, на какой базе такой институт может быть создан, каковы его задачи, структура, масштаб, кто будет его организовывать и т. д. Нужно, и все.

Председательствующий академик-секретарь отделения академик Николай Маркович Эмануэль сообщил о моем предложении. По его реакции и реакции присутствующих членов бюро можно было понять, что вообще-то никто не против.

– А кто будет заниматься созданием института? – спросил меня Эмануэль. – Вы готовы за это взяться?

– Да нет, – говорю, – не готов.

– Ну тогда вопрос зависит, – сказал академик-секретарь. – Самозачинается не бывает.

Трудно сейчас представить себе, как бы развивались события, если бы я сказал, что готов. Возможно, что удалось бы довести решение до уровня ЦК КПСС и Совета Министров. Но институт надо было бы создавать с нуля: ни опорной ячейки из энтузиастов, ни помещения (ГЕОХИ, скорее всего ничего бы не отдал – геохимики всегда боялись самостоятельности аналитиков, а слово «разделение» вызвало бы у них бурную реакцию протеста, со ссылкой на создателя института Александра Павловича Виноградова, который этот союз двух наук под одной крышей и формировал). Допустим, первую группу людей, зародыш, я бы подобрал. В этом случае надо было просить у кого-то комнатку-две в качестве исходной базы. В принципе, это, наверное, можно было бы сделать. У меня несколько лет ушло бы на организационные хлопоты, и это при благоприятном ходе дела. Наверное, с точки зрения развития аналитической химии в стране это было бы оправдано. Могли возникнуть и препятствия, в частности подобные тем, что возникли при следующем, более серьезном заходе.

Этап шестой, серьезный и последний

В 1986 г. я уже был готов заняться созданием института. И занялся, причем основательно, при поддержке вице-президента АН СССР Юрия Анатольевича Овчинникова. Мое предложение о создании Института химического анализа прошло ряд необходимых этапов в Академии наук, им занимался Государственный Комитет СССР по науке и технике (ГКНТ).

В 1986 г. стало известно, что начинается подготовка постановления ЦК КПСС и Совета Министров СССР о развитии химии. Задача состояла в том, чтобы пункт о создании института попал в это постановление. И это удалось сделать, соответствующая запись попала в проект постановления. В Академии наук стали подбирать площадку под строительство здания, рассматривался район Балаклавского проспекта. Я стал постепенно формировать группу людей, которых новый институт мог заинтересовать. Такие люди, конечно, были.

Все шло хорошо. Но в один совсем не прекрасный день меня пригласил в ГКНТ заместитель председателя комитета Кирилл Михайлович Дюмаев и сообщил, что пункт о создании Института химического анализа АН СССР

действительно включен в готовящееся Постановление ЦК КПСС и Совета Министров*, но с припиской – «не в Москве и не в Московской области».

Вот этот пункт [3]:

«б. Создать Институт химического анализа Академии наук СССР с размещением его вне Москвы и Московской области.

Академии наук СССР представить в 3-месячный срок в Государственный Комитет СССР по науке и технике предложения по размещению, структуре и численности работников указанного института».

Приписка о локализации института резко меняла ситуацию. Ставка ведь делалась на Москву, здесь были люди. К тому же серьезно заболел Ю.А. Овчинников.

Тем не менее я продолжил работу. Надо было искать подходящий город. Был вариант – Обнинск. Я туда ездил, но профессиональных аналитиков-исследователей там не было, из Москвы туда людей вывезти трудно, из местных не на кого особенно опереться (помогал д.х.н. П.Е. Тулупов).

Я бывал в Министерстве среднего машиностроения, которому многое в Обнинске подчинялось, встречался с заместителем министра. Он положительно воспринимал идею создания в Обнинске академического института, но отказался помогать в строительстве здания (у Академии наук в Обнинске строительной базы не было).

Более продвинутым был вариант с Уралом. Я летал в Свердловск, председатель Уральского отделения Академии наук академик Геннадий Андреевич Месяц активно приветствовал идею создать институт на Урале, у него была задача сформировать научный центр в Челябинске, и он предложил делать институт там. Я полетел в Челябинск, меня встретил и опекал ректор Политехнического института член-корреспондент АН СССР Герман Платонович Вяткин. Руководство области с радостью создало бы институт, было обсуждение в обкоме партии. Мне организовали встречу с аналитиками города и окрестностей, собралось довольно много людей, но они не были исследователями. А институт надо было создавать академический. Кроме того, нужен был лидер (сам я не имел намерения переезжать в Челябинск). Предложения возглавить институт были сделаны Ю.А. Карпову, Б.Ф. Мясоедову, Н.М. Кузьмину, некоторым другим коллегам. Все, подумав, отказались (несмотря на то что руководство Уральского отделения Академии наук обещало активную поддержку директору на выборах в члены академии).

В самом Челябинске я знал только одного химика, близкого аналитической химии, – Владимира Ивановича Голованова, моего бывшего аспиранта по ГЕОХИ АН СССР. Он хороший химик и, кажется, уже заведовал кафедрой в университете, но не очень тянул на директора. За неимением лучшего кандидата я предложил Володю Голованова. Его пригласили в Свердловск на заседание руководства Уральского отделения. Он «не показался», вопрос завис. Другого кандидата не было видно.

А потом наступили 1990-е, когда ничего уже не создавали.

* Постановление было одобрено на заседании Политбюро ЦК КПСС 13 августа 1987 г. («Известия», № 227). Сам документ: Постановление ЦК КПСС и Совета Министров СССР «Об ускоренном развитии приоритетных направлений химической науки и технологии» № 1022 от 4 сентября 1987 г.

Литература

1. *Чепелевецкий М.Л.* Колонна контроля над производством. В подборке: VI Всесоюзный Менделеевский съезд в г. Харькове (25.X-1.XI 1932 г.). Успехи химии. 1933. Т.2. № 1. С. 119.
2. Архив РАН. Ф. 461. Оп. 1. Д. 23.
3. www.libussr.ru (Библиотека нормативно-правовых актов Союза Советских Социалистических Республик).

Предметный указатель

- Актиниды, выделение и определение их 68,69, 92, 170-172
Аспирантура по аналитической химии 13
Атомные материалы, их анализ 170-172
- Биосенсоры 189, 196
Биохимические методы анализа 451-146, 189, 194, 197
Биомедицинские объекты, их анализ 103, 105, 113, 125
- Взрывчатые вещества, обнаружение 126, 223
Воздух выдыхаемый, его анализ 126
Высокочистые вещества, их анализ 63, 147, 172, 200
- Газы в металлах, определение 51, 131, 169
Геологические объекты, их анализ 43, 65, 173, 179, 181, 184, 188, 200, 220, 227, 236, 249, 267
- Диссертационные советы 13
- Журналы 275
- Ионных подвижностей спектрометрия 223
- Книжные серии 177, 275
- Концентрирование
– общие вопросы 151, 200
– микроэлементов 55, 61, 147, 181, 200
– органических веществ 191
- Космические объекты, их анализ 134, 135, 174, 175
- Масс-спектрометрия
– общие вопросы 23, 101, 136, 138, 151, 214
– изотопная и элементная 55, 134, 141, 147, 151, 181, 200
– молекулярная 70, 74, 82, 97, 101, 125, 151, 191, 193, 195, 197
- Международная деятельность аналитиков 278
Метрология химического анализа 23, 82, 227
- Награды аналитиков – членов Академии 14, 15, 279, 280
- Нейтронно-активационный анализ 131, 132, 164, 221, 224, 265, 266

Объекты окружающей среды, их анализ 23, 34, 109, 128, 173, 186, 191, 197, 241, 245, 247, 261

Платиновые металлы 28 и сл., 167, 181, 184, 200

Приборы аналитические 70, 109, 125, 128, 131, 132, 134, 136, 141, 174, 175, 189, 197

Проточно-инжекционный анализ (и его аналоги) 34

Реагенты органические 109, 152-154

Редкие, в т. ч. редкоземельные, элементы, их аналитическая химия 65, 167, 186, 197, 200, 229, 227, 236

Сенсоры

– газовые 23, 109

– электрохимические для анализа жидкостей 23, 161

Советы научные 272

Спектроскопические методы анализа

– атомно-абсорбционные 36, 147, 162

– атомно-эмиссионные 119, 128, 161, 181, 184, 200, 227

– диодные лазеры 125, 128

– колебательные 128, 162, 247

– радиоспектроскопические 97

– рентгеновские 32

Стандартные образцы 227

Трансурановые элементы (см. Actinides)

Хемометрика 97, 227

Хроматография

– общие вопросы 36, 70, 74, 82, 92, 113, 151

– ВЭЖХ 82, 92, 113, 241

– газовая 70, 82, 105, 113, 263

– ионнообменная 92, 151 159

– ионная 15, 159

– критическая полимеров 97

– тонкослойная 52, 113, 160

Центры коллективного пользования оборудованием 38, 96, 149, 206, 216, 220, 236, 252, 262, 267

Экстракция жидкость-жидкостная 65, 68, 92, 147, 155, 200, 219

Электрохимические методы анализа

– вольтамперометрические 23, 92, 160, 200, 253

– потенциометрические 23, 161

Элементный анализ органических веществ 70, 74, 193, 214

Ядерно-физические методы анализа 131, 132, 134, 164, 220, 223, 265

Именной указатель

- Абрамсон И.С. 128, 160, 162
Авсарагов Х.Б. 65, 66
Акаива Х. 279
Акимова Т.Г. 154
Александров М.Л. 141
Александрова Л. 168
Александрова С.А. 93
Алексян В.Т. 79
Алимарин И.П. 11, 14, 27, 155, 168,
175-177, 279
Алимпиев С. 126
Алфимов М.В. 109-112
Андреев А.В. 132
Андреева М.И. 65
Андреева Н.А. 46
Аношин Г.Н. 221
Антоновский В.Л. 80
Аполицкий В.Н. 181, 182
Арефьева Т.В. 96, 160
Арсенкин А.М. 52, 54
Архипова А.В. 44
Арчаков А.П. 225
Астон Ф. 26
Афонин В.П. 228, 229
- Бабко А.К. 31
Багреев В.В. 155
Бажулин П.А. 123
Байзель Н.Ф. 203205
Байков А.А. 43
Балакина Г.И. 214
Балдин М.Н. 225
Барам Г.И. 215
Барановская В.Б. 25, 38, 39, 42
Бардин И.П. 43
Бармин В.П. 175
Басаргин Н.Н. 152, 182
Басков В.С. 65
Баталин А.Х. 17, 18, 22
Баум Е.А. 73
Баусова Н.В. 254
Безуглый В.Д. 73
Бейльштейн Ф.Ф. 20-22
- Бекчурина А. 168
Белан Б.Д. 248
Беленький Б.Г. 113-116
Бельский Н.К. 36
Беляев Ю.И. 161, 162
Беляева В.К. 168
Бергман Т. 18
Бердников А.С. 18
Берёзкин В.Г. 82 и сл., 91
Билимович Г.Н. 164
Блохин М.Г. 267
Блохин М.Н. 164, 179
Богданова А.С. 50
Боголицын К.Г. 261, 262
Бокина В. 168
Болотов С.Л. 84
Большов М.А. 129
Борисов Р.С. 82, 89-91
Борисова Л.В. 168
Борнеман-Старынкевич И.Д. 181
Боровик С.А. 179
Боровик-Романова Т.В. 161
Боровиков С.М. 248
Боровикова С.А. 92, 96
Боровский И.Б. 48, 49, 53
Борходоев В.Я. 268
Бочков А.С. 91
Брандт С.Б. 230
Брицке Э.В. 43
Бровко О.С. 230
Бродский Е.С. 192
Будников Г.К. 161
Бузланова М.М. 76, 80
Буланов А.Д. 60
Булатов А.В. 14
Бунзен Р. 20
Буряк А.К. 94, 95, 274
Буряков И.А. 226
Буянова Л.М. 208
Буяновская А.Г. 74, 76
Быков Г.П. 50
Быковская Ю.И. 44, 45
Бычков Я.В. 183

- Вавилов С.И. 15, 119-121
 Вагина Н.С. 168
 Ванифатова Н.Г. 160
 Варламов В.П. 194
 Варфоломеев С.Д. 105, 106
 Варшал Г.М. 160, 169, 178
 Веренчиков А. 102
 Васильева И.Е. 233
 Вассерман А.М. 169
 Веселаго Л.И. 45
 Виноградов А.П. 11, 14, 27, 33, 42, 160, 170, 187, 279
 Винокуров С.Е. 152
 Владимирович Т.А. 231
 Волженин А. 204
 Волков И.И. 187
 Волков П.А. 179
 Волкова Н.В. 230
 Волченкова В.А. 45-47
 Вольнец М.П. 160, 168
 Ворожцов Г.Н. 214
- Гаврилов В.В. 71
 Галль Л.Н. 144-146, 280
 Галкин П.С. 205
 Ганкина Э.С. 116
 Гапон Т.Б. 92, 93
 Гарбер А.К. 52
 Гаськова А.А. 45, 46
 Гельман Н.Э. 74, 75, 80
 Герасимов Н.С. 231
 Гесс Г.И. 18
 Гинзбург С.И. 29
 Головня Р.В. 105, 107
 Голубок А.О. 142
 Горкуша Д.В. 52
 Горохов А.А. 53
 Горшков А.В. 99, 100
 Горшков А.Г. 241
 Горшков В.В. 154
 Горшков М.В. 100, 103
 Гохштейн Я.П. 160
 Гражулене С.С. 147, 148, 150
 Грачев М.А. 215
 Грачева Р.Ф. 154
 Гребнева-Батюк О.Н. 161
 Гречников А.А. 163, 167
- Грибов Л.А. 15, 151, 163, 176
 Григорович К.В. 15, 49-51, 53
 Громов С.П. 109, 111
 Груздев И.В. 263, 264
 Грузнов В.М. 223, 224
 Гуничева Т.Н. 228, 229
 Гурвич А.М. 92
 Гусакова М.А. 262
 Гусаров А.А. 45, 46
 Гусев С.И. 251
- Даванков В.А. 74, 76-78, 80, 86
 Дворкин В.И. 82, 90, 91
 Девярых Г.Г. 60
 Дедков Ю.М. 152
 Дедкова В.П. 154
 Демин К.Ю. 52
 Дерендяев Б.Г. 214, 215
 Дзантиев Б.Б. 189, 190
 Диакур Л.Н. 213, 214
 Додонов А.Ф. 101, 102
 Долгоносов А.М. 155, 157, 159, 173
 Дорожкин Л.И. 41
 Доронина М.С. 42
 Дрогобужская С.В. 67
 Дубенский А.С. 184
 Дубинин А.В. 186
 Дубоненко И.В. 214
- Евреинов В.В. 99, 100
 Евстрапов А.А. 141, 142, 146
 Евтюгин Г.А. 278
 Езерская Н.А. 30
 Елисеева О.П. (Швоева) 154
 Емохонов В.Н. 104
 Ермаков А.Н. 168
 Ермолаева Т.Н. 149
 Ефименко А.А. 225
- Жаворонков Н.М. 23, 33
 Жерар Ш. 22
 Живописцев В.П. 251
 Жидикова А.П. 154
- Заикин В.Г. 82, 87-90
 Зайченко К.В. 142
 Зайцева А.Ю. 142

- Заринский В.А. 168, 176
Зарубин О.В. 231
Зарубина Н.В. 267
Захарчук Н.Ф. 203
Заякина С.Б. 221
Звягинцев О.Е. 27, 29, 30
Зернов А.В. 47
Зильберштейн Х.И. 63
Зиятдинова Г.К. 149
Золотавин В.Л. 251
Золотов Ю.А. 7, 11, 12, 14, 22-25,
33, 42, 104, 151, 155-157, 161,
164, 176-178, 272, 278, 279
Зуев Б.К. 161, 165, 166, 169, 175, 178
Зякун А.М. 195, 196
- Иваненко В.В. 265, 266
Иванов А.В. 24, 33, 178, 236
Иванов В.К. 23
Иванов В.М. 271
Иванов Д.А. 111
Ильин Е.Г. 40
Ильин Н.П. 49, 164
Ионов Д.С. 111, 112
Иоффе А.Ф. 26, 42
Ипатьев В.Н. 23, 26, 42
Исаков С.А. 53
Исаков Ю.А. 230
- Кабанова О.Л. 160
Казенас Е.К. 45
Калиничев А.И. 93, 94
Калинников В.Т. 45
Канакин С.В. 249, 250
Канатьева А.Ю. 82-85, 87, 91
Капица С.П. 131
Карандашев В.К. 149, 150
Карлинский А. 18
Карманов Н.С. 222
Карпов Б.Г. 25, 26, 28, 42
Карпов Ю.А. 14, 25, 37, 38, 50, 60
Карякин А.В. 161, 162, 176
Кашеев Г.Н. 236
Келдыш М.В. 175
Кипаренко Л.М. 80
Киселев А.В. 93-95
Киселева И.Н. 25, 272
- Кириллов В.И. 229
Классова Н.С. 154
Клаус К.К. 19, 30
Клетеник Ю.Б. 219
Климова В.А. 70, 71, 73, 75
Клюев Н.А. 191
Князев Н.А. 135
Ковалев И.Д. 56, 57
Коваленко Д.В. 183
Кожевник А.Ю. 87
Колганова Т.В. 195
Кокрятская И.М. 261
Колесов Г.М. 165
Коломиец Л.Н. 92, 96
Колосова Г.М. 168
Колотов В.П. 14, 151, 161, 163-165,
173, 177, 178, 280
Колошников В.Г. 128, 129
Комяк Н.И. 141
Коновалов Д. 26, 42
Кононкова Н.Н. 164
Константинов Б.П. 136
Константинова-Шлезингер М.А.
119, 121, 124
Коптюг В.А. 214-216
Корда Т.М. 203
Копытин А.В. 40
Королев А.А. 83
Коростылев П.П. 45
Корчемная Е.К. 160
Коршун М.О. 70, 74, 75
Костанян А.Е. 36
Костицына В. 154
Костицына Ю.А. 162
Красильников В.Н. 256
Красиков В.Д. 113, 116
Красовский П.В. 50, 53
Кринберг И.А. 231
Крылов А.С. 53
Крылов В.А. 57, 58
Крюкова Т.А. 96, 160
Крючкова С.И. 162
Кряжков И.И. 46
Кубракова И.В. 167, 174
Кудрявцев В.А. 231
Кузьмин Н.М. 156, 178
Кузьмина Т.Г. 161

- Кузнецов В.И. 152, 153, 155
 Кузнецов Н.Т. 23, 40, 41
 Кузнецова А.И. 231
 Куненкова Е.Н. 44, 45
 Кунин Л.Л. 169, 176, 254
 Купцов А. 203
 Курбатов Д.И. 254, 255
 Курганов А.А. 81, 82, 85, 86
 Куриленко Л.Н. 64
 Курнаков Н.С. 23, 25-27, 42
 Курочкин В.Е. 141, 142, 145
 Курочкин И.Н. 105, 106
 Кусаков М.М. 87
 Кучменко Т.А. 15, 149
- Лаврентьев Ю.Г. 222
 Лаврухина А.К. 165, 178
 Лазарев П. 42
 Лазукина О.П. 59
 Ландсберг Г.С. 15, 122-124, 128
 Лапчинская Л.Л. 44
 Ларионов О.Г. 93, 94
 Лебедев В.С. 236
 Лебедев К.С. 214
 Лебедь В.И. 228
 Левин А.М. 47
 Лёвшин В.Л. 119, 121
 Лепин В.С. 230
 Летохов В.С. 129
 Ле Шателье 27
 Либих Ю. 18
 Лившиц А.М. 130
 Лисицын А.П. 186
 Ловиц Т.Е. 16
 Ломоносов М.В. 16, 23
 Лончих С.В. 232
 Лоранский А.М. 19, 22
 Лосев Н.Ф. 228, 231
 Луговской А.А. 247
 Лужков Ю.М. 279
 Лундовская О. 204
 Лыкденова Б.Б. 249
 Любимова А.К. 97, 100
 Лякишев Н.П. 49
 Лященко А.К. 39
- Макаев А.Л. 226
 Мазунов В.А. 138, 139
 Майрановский С.Г. 72, 73
 Малахов В.В. 208-210, 225
 Малофеева Г.И. 161
 Мальцева А.С. 238, 239
 Мамырин Б.А. 15, 102, 136-138
 Мандельштам С.Л. 123, 124, 128, 129
 Мансон М. 97
 Маров И.Н. 168
 Марютина Т.А. 160, 177
 Матвиенко Г.Г. 248
 Матиевская Е.И. 73
 Медведев Н.С. 203, 20
 Мельгунов М.С. 222
 Мельничук Т.А. 53
 Менделеев Д.И. 22
 Меньшиков В.И. 229, 230
 Мизотин М.М. 51, 54
 Микая А.И. 82, 87, 88
 Мирошников А.И. 194
 Мистрюков Э.А. 71
 Митрофанов И.Г. 134, 135
 Могилевский А.Н. 160, 167
 Морачевский Ю.В. 61
 Моторкина Р.К. 208
 Музгин В.Н. 251
 Мук А. 154
 Мусабеков Ю.С. 21, 22
 Муфтахов М.В. 138
 Мясоедов Б.Ф. 13, 14, 151, 155, 165, 171, 176, 177
 Мясоедова Г.В. 152, 154, 155, 158, 161
- Надеждинский А.И. 125, 126
 Надь В.Ю. 147
 Назаров П.П. 93, 94
 Назимов И.В. 194
 Нарбутт К.И. 181
 Нарсеев А.В. 47
 Науменко И.И. 225
 Некрасов Б.В. 31
 Несмеянов А.Н. 78-80
 Нестеренко П.Н. 178
 Нефёдов В.И. 32
 Никитина М.В. 45

- Николаев Е.Н. 15, 45, 98-100, 102-104
Николаева Д.Х. 229
Никольский Б.П. 69
Новигатский А.Н. 186
Новиков В.М. 229, 230, 237
Новоторцев В.М. 23
- Обреимов И.В. 79
Овчинникова О.А. 46, 47
Огнева Э.Я. 231
Орешкин В.Н. 197
Орлова Л.П. 46
Осипова Л. 60
Островская В.М. 35
Остроумов Э.А. 187
Ошуркова О.В. 136
- Павленко В.А. 141
Павленко Л.И. 161
Павлова Л.А. 81, 228
Палатов Ю.А. 135
Палей П.Н. 151, 170
Папина Т.С. 245
Пахомов В.П. 91
Пенкина Т.Н. 46
Пашкова Г.В. 238, 239
Персонов Р.И. 130
Петров Л.Л. 231, 233
Петров Н.К. 111
Петрова Г.П. 237
Петрова Т.В. 154
Петрухин О.М. 153, 157
Петровский П.В. 80
Пилюян Г.О. 183
Пименов В.Г. 57, 58
Пиоттух-Пелецкий В.Н. 214
Пирютко М.М. 62
Писаржевский Л.В. 31
Пискунова Л.Ф. 228
Плаксин И.Н. 188
Платэ Н.А. 88, 279
Плетнев Р.Н. 255
Подгорная М.Н. 214
Подкопаев Н.И. 25
Подчайнова В.Н. 28
Поликарпова Н.В. 45, 46
Поляков Е.В. 255, 256
- Полякова Е.В. 203, 205
Помозов Т.В. 142
Пономарев А.И. 43-45, 53, 180
Пономарев Ю.Н. 248
Понуровский Я.Я. 125, 126
Попандопуло Ю.И. 147
Поплавская Е.А. 46
Посохов В.Ф. 249
Постникова Е.С. 44, 45
Потапов А.М. 57
Почтарь А. 209
Проскурнин М.А. 15
Пупышев А.А. 251, 276
Пшеницын Н.К. 25, 27-29
Пыряев Н.К. 65
- Радушев А.Л. 259
Райский С.М. 123, 124, 128
Райхбаум Я.Д. 231, 232
Рамендик Г.И. 33, 162
Расщупкина О.С. 231
Рачинский В.В. 92
Ревенко А.Г. 236-239
Резл В. 80
Резников В.В. 99
Реутский В.Н. 221
Решетилов А.Н. 196
Ритгер М.П. 65
Рогожин С.В. 80
Родионова О.Е. 99, 100
Родная Г.Г. 45
Розанов И.А. 41
Романкевич Е.А. 187
Романова Т. 201
Романовская Г.И. 164
Романовский О.А. 248
Руденко Б.А. 73, 159, 173
Руднев Н.А. 176
Рябухин В.А. 168
Рябчиков Д.И. 14, 151, 157, 167, 168
- Саввин С.Б. 152-154, 159, 164, 176, 177
Сандиминова Г.П. 230, 231
Сапрыкин А.И. 203-206
Сажников В.А. 111, 112
Сакодынский К.И. 91

- Самсонов Г.В. 113, 114
 Свандберг Г. 20
 Севастьянов В.Г. 41
 Севастьянова В.С. 162
 Севергин В.М. 17, 18
 Седых Э.М. 161, 178
 Сёмов М.П. 64
 Семушин В.В. 66
 Сенников П.Т. 59
 Сентюрин И.Г. 160
 Сенченкова Е.М. 269, 270
 Сенявин М.М. 155, 157, 158, 168
 Сергеев Е.А. 229
 Сидельников В.Н. 208, 210, 211, 225
 Синякова С.И. 96, 160
 Сихарулидзе Г.Г. 150
 Скиба Г.С. 66
 Скиба Т. 204
 Скляренко И.С. 160
 Скрябин К.Г. 194
 Славный В.А. 160, 162
 Смирнов В.Н. 230
 Смирнова Е.В. 231, 233
 Созин А.Ю. 59
 Сокольникова Ю.В. 229
 Солдатов В.П. 210, 225
 Солотчина Э.П. 222
 Сокольский С.В. 45, 46
 Спиваков Б.Я. 14, 155-157, 160, 167, 278, 279
 Спрыгин Г.С. 51, 54
 Стенин В.В. 251
 Степанов Е.В. 126
 Страдынь Я.П. 73
 Стрекаловский В.Н. 251, 252
 Строганова Н.С. 167, 168
 Стромберг А.Г. 254
 Струве Г.В. 20, 22
 Суворова Д.С. 239
 Сурков Ю.А. 174
 Суховерхов С.В. 266
 Сырокомский В.С. 251, 254
- Табачков Я.И. 51
 Тальрозе В.Л. 15, 97, 98, 100
 Тананаев И.В. 14, 25, 31, 32
- Тананаев Н.А. 251
 Таусон Л.В. 227
 Танцырев Г.Д. 98, 99
 Тарасова И.А. 100
 Тенникова Т.Б. 113, 115
 Терентьев А.Г. 139
 Терентьев А.П. 15
 Терентьева Е.А. 74-76, 80
 Тимербаев А.Р. 160
 Тихова В.Д. 213, 214
 Ткачев А.В. 214
 Ткачева Н.И. 215
 Толдова Л.И. 46
 Торгов В.Г. 202
 Травин А.В. 222
 Третьяков К.В. 90, 91
 Тронева Н.В. 48, 53
 Троянская А.В. 261
 Трубачев А.В. 260
 Трунова В.В. 207
 Трушникова А.С. 52-54
 Тумурова Л.В. 7
 Туровцева З.В. 169
- Ульянцев А.С. 186
 Уланская Л.В. 50
 Урусов В.С. 33
- Фадеева В.П. 213, 214
 Федин Э.И. 79, 80
 Федоренко Н.В. 30
 Федотов П.С. 160, 173, 177, 178
 Фешин Д.Б. 192
 Филатова Д.Г. 48
 Филатова Н.В. 93
 Филд Ф. 97
 Филиппов М.Н. 13, 25, 37
 Финкельштейн А.Л. 228, 229
 Фисенко М.П. 154
 Флеров Г.Н. 274
 Фомин Г.С. 47
 Фомина А.А. 46
 Фомина О.Н. 47
 Формановский А.А. 158
 Фрицше Ю.Ф. 20
 Фришберг А.А. 45

- Хамизов Р.Х. 14, 155, 158, 159
Хан А.В. 214
Хансон К. 155, 156
Харитоновна О.И. 147
Хатымов Р.В. 138, 139
Хатымова Л.З. 138, 139
Хвостенко В.И. 117, 118
Хвостиков В.А. 147
Хломов В.С. 45
Хлопин В.Г. 68, 69
Ходжер Т.В. 242
Хубанов В.Б. 249
Худоногова Е.В. 237
- Ченьшева А.И. 203
Черненко А.И. 236
Черняев И.И. 23
Чижек В.П. 71, 73
Чмутов К.В. 15, 92, 93
Чопоров Д.Я. 185
Чубинский-Надеждин И.В. 142
Чугаев Л.А. 25, 27, 28
Чумаченко М.Н. 193
Чупахин М.С. 11, 162
Чурбанов М.Ф. 60
- Цвет М.С. 269
Цивадзе А.Ю. 96
Цизин Г.И. 131, 158, 161
Цукерман А.М. 269
Цыганкова А. 204, 205
Цыханский В.Д. 229
- Шабанова Е.В. 234
Шаевич А.В. 251
Шаззо Ю.К. 183
Шанина Т.М. 80
Шансель Г. 22
Шарапова О.Н. 214
Шашков М.В. 208
Швейкин Г.П. 256
Швец Ф. 115
Шелепчиков А.А. 192
Шелпаков И.Р. 203
Шескольская А.Я. 44
Шибает С.С. 51
Шибаета Т.В. 52, 54
- Широкова В.И. 104, 161
Ширяев А.А. 96
Шкинев В.М. 155
Шмудевич Л.А. 21, 22
Шпигун Л.К. 24, 34, 35, 173
Шпигун О.А. 14
Штейнберг А.Н. 45
Штром И.В. 142
Штыков С.Н. 278
Шубина С.Б. 53, 251
Шубочкин Л.К. 29
Шуваева О.В. 203-205
Шуняев К.Ю. 258
- Щербаков А.П. 142
Щербань В.В. 236
Щипакина Н.К. (Галкина) 168
Щуколюков Ю.А. 162
- Юделевич И.Г. 199, 201, 202
- Явейн Л.Ю. 20, 21
Явор М.И. 145
Ягов В.В. 161
Яковлев Н.П. 164
Яковлев Ю.В. 11, 164
Ящукова В.Н. 47

Ю.А. Золотов, Л.В. Тумурова

АНАЛИТИЧЕСКАЯ ХИМИЯ В АКАДЕМИИ НАУК

Издатель – Российская академия наук

Публикуется в авторской редакции

Издается по решению Научно-издательского совета
Российской академии наук (НИСО РАН) от 31.03.2023 г.
и распространяется бесплатно

Подписано в печать 18.10.2023.

Формат 70x100/16. 24,187 усл. печ. л. Гарнитура Times New Roman.
Печать офсетная. Бумага офсетная. Тираж 300 экз. Заказ 23-08749

Отпечатано в типографии ООО «КОНСТАНТА».

308519, Белгородская обл., Белгородский р-н, пос. Северный, ул. Березовая, 1/12.
Тел./факс (4722) 300-720, www.konstanta-print.ru