



УДК 543.544

Российская хроматография - времена и люди



д.х.н., проф.
Рудаков О.Б.



д.х.н., проф.
Селеменов В.Ф.

*Воронежский государственный архитектурно-строительный университет, Воронеж
ФГБОУ ВПО «Воронежский государственный университет», Воронеж*

Поступила в редакцию 25.04.2014 г.

Аннотация

Рассмотрены этапы развития хроматографии и сложившиеся региональные хроматографические научные школы в России.

Ключевые слова: хроматография, сорбционные и хроматографические методы разделения, хроматографические научные школы, ученые

The stages of chromatography development and existing regional chromatographic scientific schools in Russia are considered.

Keywords: chromatography, sorption and chromatographic separation methods, chromatographic scientific schools, scientists

На протяжении последних 50-ти лет одним из наиболее значительных явлений, определяющих методологию научного исследования во многих естественных дисциплинах, представляется широкое распространение хроматографических методов разделения и анализа веществ и их смесей [1-5].

К середине прошлого века достигли значительных успехов экспериментальные методы идентификации и количественного определения индивидуальных веществ: электрохимические, спектрально-оптические методы, рентгеноструктурный анализ, масс-спектрометрия, ЯМР и др. Однако арсенал классических методов разделения сложных смесей веществ оказался недостаточным для решения сложных научных задач, стоящих перед современной аналитической химией.

Устранение такого несоответствия между возможностями изучения индивидуального соединения и возможностями выделения его из сложной смеси

связано с развитием хроматографических методов. Первые успешные опыты по хроматографии были, как известно, проведены в начале XX века русским ученым Михаилом Семеновичем Цветом.

Используя набивную колонку с порошком кальцита, введя в ее верхнюю часть вытяжку из зеленых листьев растений и пропуская через нее петролейный эфир, он получил окрашенные в разные цвета зоны колонки, соответствующие компонентам вытяжки. Открытие М.С. Цветом хроматографии признано мировой научной общественностью одним из 100 величайших открытий XX века. В статье Шапошника В.А., известного историографа в области аналитической химии и, в частности, аналитической хроматографии, образно, философично, с использованием малоизвестных широкой общественности фактов рассмотрена судьба М. С. Цвета и его открытия [1]. Краткий экскурс в историю отечественной хроматографии и ее главные достижения представлены также в [1-5].

Хроматография поначалу не была востребована, использовалась редко, этот латентный период длился около 20 лет, в течение которых появилось небольшое число сообщений о различных применениях метода. В 1931 г. Рихард Кун – немецкий химик и биохимик совместно с сотрудниками разделил (1931) каротиноиды хроматографическим методом, возродив способ, предложенный М.С. Цветом, и продемонстрировав его эффективность. Большую роль в популяризации открытого М.С. Цветом хроматографического метода сыграла монография венгерских ученых Л. Цехмейстера и Л. Чолноки «Адсорбционная хроматография» (1934 г.).

Важным этапом в развитии хроматографии стало открытие советскими учеными Н.А. Измайловым и М.С. Шрайбер в 1938 г. метода тонкослойной хроматографии. Следующим важным шагом явилось открытие А. Мартином и Р. Сингом (Англия) варианта жидкостной распределительной хроматографии на примере разделения ацетильных производных аминокислот на колонке, заполненной силикагелем, насыщенным водой, с использованием хлороформа в качестве растворителя (1940 г.).



М.С. Цвет (14. 05.1872-26.06.1919)



Р. Кун (3.12.1900-31.07.1967)

Тогда же было отмечено, что в качестве подвижной фазы может быть использована не только жидкость, но и газ. За открытие распределительного варианта хроматографии Мартин и Синг получили Нобелевскую премию по химии (1952 г.). Далее Р. Мартин и А. Джеймс осуществили вариант газовой распределительной хроматографии, разделив смеси на смешанном сорбенте из силикона ДС-550 и стеариновой кислоты (1952–1953 гг.). Существенную

модернизацию метода газо-адсорбционной хроматографии выполнил Я. Янак в 1953 г. Неспецифичность, высокая чувствительность детектирования и хорошая разделяющая способность колонок обеспечили методу газовой хроматографии чрезвычайно широкую область применения при анализе объектов органической природы. Именно с этого времени наиболее интенсивное развитие получил метод газовой хроматографии.



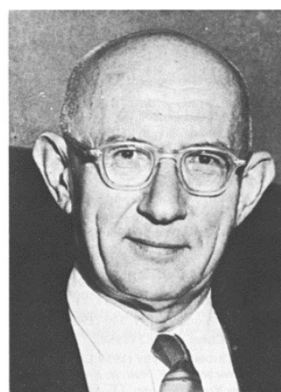
А.Дж.П. Мартин (1.03.1910-28.07.2002)



Р.Л.М. Синг (28.10.1914-18.08.1994)



Н.А. Измайлов (22.06.1907-2.10.1961)



М.Ж.Э. Голей (3.05.1902-27.04.1989)

Заметный вклад в развитие хроматографического метода внес Г. Шваб (Германия), явившийся основателем ионообменной хроматографии (1937–1940 гг.). Дальнейшее развитие она получила в работах советских ученых Е.Н. Гапона и Т.Б. Гапон, которые провели хроматографическое разделение смеси ионов в растворе (совместно с Ф.М. Шемякиным, 1947 г.). Они также осуществили высказанную еще Цветом идею о возможности хроматографического разделения смеси веществ на основе различия в растворимости труднорастворимых осадков (осадочная хроматография, 1948 г.). Современный этап в развитии ионообменной хроматографии начался в 1975 г. после работы Г. Смолла, Т. Стивенса и У. Баумана (США), в которой они предложили новый аналитический метод, названный ионной хроматографией (вариант высокоэффективной ионообменной хроматографии с кондуктометрическим детектированием).

Исключительное значение имело создание сотрудником фирмы "Перкин-Эльмер" М. Голеем (США) капиллярного варианта хроматографии (1956 г.), при

котором неподвижная фаза наносится на внутренние стенки капиллярной трубки, что позволяет анализировать микроколичества многокомпонентных смесей.

На рубеже 60-70-х годов прошлого века резко возрос интерес к жидкостной хроматографии. Разработка надежных и высокоточных по расходу подвижной фазы насосов высокого давления позволило реализовать высокоэффективную жидкостную хроматографию (HPLC). Вначале ее так и называли «жидкостной хроматографией высокого давления». В начале XXI века появились высокоточные насосы, способные работать при давлениях порядка 3000 бар, что дало толчок к развитию «ультраэффективной жидкостной хроматографии» (UPLC).



В.А. Даванков (20.11.1937)



Л.Н. Москвин (12.12.1936)

Ниже приведены общепринятые этапы и основные даты развития хроматографии [3].

- 1902-1903 гг. - Зарождение хроматографии как метода разделения (М.С.Цвет).
- 1931 г. (Р. Кун, А. Винтерштайн) - Возрождение хроматографического метода М.С. Цвета. Исследование природных пигментов.
- 1938 г. (Н.А. Измайлов, М.С. Шрайбер) - Создание тонкослойной хроматографии. Разделение алкалоидов, содержащихся в лекарственных растениях, на стеклянной пластинке с незакрепленным слоем оксида алюминия.
- 1941 г. (А. Дж.П. Мартин, Р.Л.М. Синг) - Создание жидкостно-жидкостной хроматографии. Разделение аминокислот и их ацетильных производных на силикагеле, смоченном водой в потоке органического растворителя.
- 1944 г. (А. Гордон, А. Мартин) - Разработка распределительного варианта жидкостной хроматографии на бумаге.
- 1951 г. (Д.Х. Кемпбэл, Е. Люшер) - Формулирование принципов афинной хроматографии
- 1952 г. (А.Т. Джеймс, А.Дж. П. Мартин) - Создание газо-жидкостной хроматографии
- 1956 г. (С. Мур, В.Х. Штейн) - Создание аминокислотного анализатора, работающего по принципу ионообменной хроматографии.
- 1957-1958 гг. (М.Ж.Э. Голей) - Возникновение капиллярной газовой хроматографии. Разработана теория хроматографии для узких и длинных медных и стальных колонок, внутренние стенки которых покрыты тонким слоем неподвижной фазы.
- 1959 г. (Дж. Порат, П. Флодин) - Открытие эксклюзионной хроматографии.
- 1961 г. (Ф. Гельферих) - Создание лигандообменной хроматографии.
- 1962 г. (Е. Клеспер, А.Х. Корвин) - Зарождение сверхкритической флюидной хроматографии.

- 1962-1972 гг. (Д.И. Рябчиков, М.М. Сенявин) - Создание хроматографического методики разделения редкоземельных элементов.
- 1968-1970 гг. (В.А. Даванков) – Создание хиральной хроматографии.
- 1982-1983 гг. (Л.Н. Москвин, А.И. Горшков) - Открытие жидкостно-газовой хроматографии.



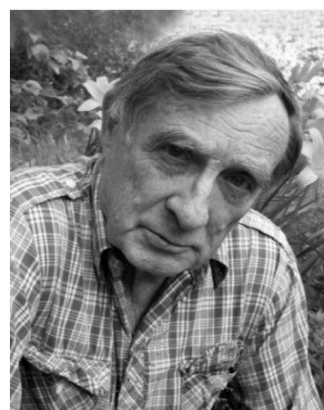
Д.И. Рябчиков (1904-1965)



М.М. Сенявин (1917-1989)



О.Г. Ларионов (18.03.1932-9.09.2013)



Б.А. Руденко (23.8.1932-10.07.2013)

В коллективной монографии, написанной под редакцией Руденко Б.А. [2], посвященной 100-летию хроматографии, рассмотрена плеяда советских ученых, внесших существенный вклад в развитие метода, не только на отечественном, но и на мировом уровне.

Это Богословский Ю.Н., Вигдергауз М.С., Вяхирев Д.А., Гапон Е.Н., Головня Р.В., Гольберт Г.А., Даванков В.А., Дубинин М.М., Жуховицкий А.А., Измайллов Н.А., Киселев А.В., Копылова-Валова В.Д., Лулова Н.И., Мелешко В.П., Ольшанова К.М., Рачинский В.В., Ротин В.А., Сакодынский К.И., Салдадзе К.М., Самсонов Г.В., Сенявин М.М., Туркельтауб Н.М., Чикин Г.А., Чмутов К.В., Яновский М.И. К большому прискорбию следует отметить, что совсем недавно ушли из жизни прекрасные ученые Беленький Б.Г., Ларионов О.Г. Руденко Б.А., Сычев С.Н. оставившие глубокий след в отечественной хроматографии.

В настоящее время можно выделить целый ряд научных школ, развивающих хроматографические науки. Несколько школ успешно действует в Москве, например, в МГУ, ГЕОХИ РАН, ИФХЭ РАН. В МГУ на кафедре аналитической химии, возглавляемой академиком Золотовым Ю.А., одну из школ представляет член-корреспондент РАН Шпигун О.А. со своими соратниками и учениками. Область научных интересов его школы: развитие теоретических основ и

аналитическое применение ВЭЖХ и капиллярного электрофореза. Шпигуном О.А. с коллегами предложены новые подвижные фазы на основе аминокислот, а также полиэлектролитные и цвиттер-ионные сорбенты для ионной хроматографии; критерии оптимизации условий хроматографического разделения; новые хиральные селекторы на основе хитозана и антибиотиков для разделения оптических изомеров; система каталитического детектирования для жидкостной хроматографии; новые псевдонеподвижные фазы для капиллярного электрофореза на основе алифатических поликатионов.

В МГУ работают такие известные хроматографисты, как Ланин С.Н., предложивший адсорбционные модели удерживания в жидкостной хроматографии; Ревельский И.А., здравствующий классик отечественной хроматографии, в область научных интересов которого входят самые различные варианты хроматографии, хромато-масс-спектрометрия, сверхкритическая флюидная экстракция, сорбционное концентрирование, хромадистилляция; идентификация компонентов сложных смесей органических соединений, определение ультрамалых концентраций экотоксикантов, определение степени чистоты органических соединений; Цизин Г.И., область научных интересов которого – развитие теоретических основ динамического сорбционного концентрирования элементов и органических соединений, разработка новых сорбентов и высокочувствительных комбинированных сорбционно-спектроскопических и сорбционно-хроматографических методов анализа, в том числе проточных и автоматизированных.

При МГУ работает ЗАО БИОХИММАК СТ, генеральным директором которого является Староверов С.М., развивающий препаративную жидкостную хроматографию, занимающийся внедрением хроматографических методов в фармацевтической химии, созданием новых сорбентов.



В.И. Горшков (18.03.1932-9.09.2013)



В.А. Иванов (03.01.1954)

Заведующий лабораторией стабильных изотопов кафедры физической химии МГУ Иванов В. А., крупный ученый в области ионного обмена, термодинамики и динамики ионного обмена активно работает над повышением селективности в процессах разделения, частными случаями которых являются сорбционные и хроматографические процессы. В МГУ проводят оригинальные исследования в области ионного обмена и мембранных процессов проф. Тихонов Н.А., проф. Агеев Е.П., д.х.н. Ферাপонтов Н.Б.

В ГЕОХИ им. В.И. Вернадского РАН хроматографические методы развиваются в Лаборатории сорбционных методов, заведующий лабораторией - Хамизов Р.Х. Область его научных интересов: теория и практика сорбционных процессов

концентрирования и разделения веществ. Хамизов Р.Х. – один из авторов цикла пионерских работ по кинетике и динамике ионообменных процессов в многофазных многокомпонентных системах, в которых развиты теоретические подходы для их описания.



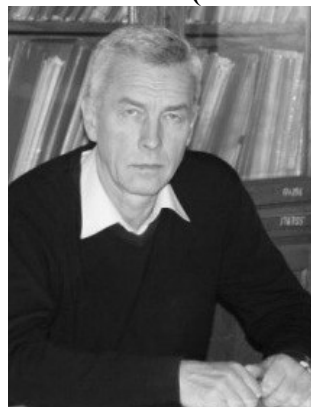
О.А. Шпигун (16.11.1946)



Р.Х. Хамизов (3.09.1955)



И.А. Ревельский (8.06.1936)



С.Н. Ланин (18.03.52)

В его лаборатории работает один из сильнейших в стране, да и на мировом уровне, специалистов в области ионной хроматографии Долгоносов А.М. Область его научных интересов: ионная и молекулярная хроматография, адсорбция, ионный обмен, кинетика гетерофазных процессов, физика межатомных взаимодействий. Им предложен новый тип сорбентов для ВЭЖХ – центрально-локализованные сорбенты; разработан способ получения таких сорбентов для ионной хроматографии; создан ряд высокоселективных методик одновременного определения анионов и катионов, основанных на биполярности разработанных им сорбентов. На базе фундаментальных исследований в области равновесия и кинетики ионного обмена Долгоносовым А.М. разработана математическая модель и создан современный программный продукт IONCHROM для моделирования и оптимизации хроматографического анализа смесей ионов. Развита теория неоднородного электронного газа, следствия которой в области физической адсорбции позволяют осуществлять априорные расчеты адсорбционных и хроматографических характеристик молекул по их структурной формуле.

В ИФХЭ РАН отметим таких известных в хроматографической науке ученых, как Буряк А.К., Калиничев А.И. Заведующий лабораторией физико-химических основ хроматографии и хромато-масс-спектрометрии Института физической химии и электрохимии им. А.Н. Фрумкина РАН. Буряк А.К. работает в области хромато-масс-спектрометрии. Он предложил метод идентификации отдельных изомеров в их сложных смесях, основанный на сочетании данных хромато-масс-

спектрометрического исследования и результатов молекулярно-статистических расчетов, позволяющий существенно повысить надежность идентификации для изомеров с одинаковыми масс-спектрами. При его активном участии разработаны методы контроля компонентов ракетных топлив.

Калиничев А.И. внес весомый вклад в развитие теории образования поверхностных комплексов и в ее применение для описания многокомпонентных сорбционных динамических систем.

Бессленным многие годы ученым секретарем и организатором отечественных и международных конференций по хроматографии и обменным процессам является Коломиец Л.Н.

Крупными хроматографистами, ставшими Учителями не одного поколения ученых являются Березкин В.Г., Даванков В.А. и Яшин Я.И.

Профессор Березкин В.Г. – заведующий лабораторией хроматографии Института нефтехимического синтеза им. А.В. Топчиева РАН. Березкиным В.Г. разработаны физико-химические основы удерживания хроматографируемых соединений в газо-жидко-твердофазной хроматографии.

Показано, что в газожидкостной хроматографии наряду с абсорбцией неподвижной жидкой фазой необходимо одновременно учитывать также и их адсорбцию на поверхностях раздела с газом-носителем и с твердым носителем. Он внес существенный вклад в разработку и формирование основ реакционной хроматографии, парофазного анализа.



Я.И. Яшин (30.07.1936)



В.А. Шапошник (22.10.1935)

В последние годы много работ Березкин В.Г. посвятил проблемам и новым вариантам планарной хроматографии. Он является автором 20 книг, под редакцией Березкина В.Г. были осуществлены переводы многих зарубежных фундаментальных монографий по хроматографии.

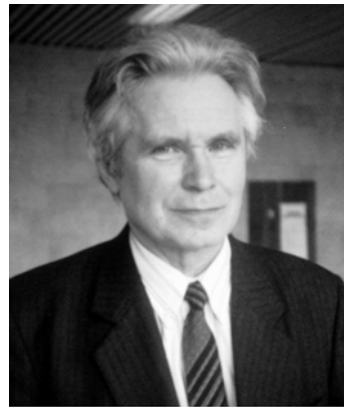
Профессор Даванков В.А. – заведующий лабораторией стереохимии сорбционных процессов ИНЭОС РАН, всемирно известный ученый, автор открытия в области стереохимии, номинант на Нобелевскую премию, награжден медалью М.С. Цвета, лауреат международных премий Chirality Gold Medal 1996, Martin Gold Medal 2006, Molecular Chirality Award 2010, Separation Science Award 2010.

Область научных интересов Даванкова В.А. – хроматография, методы разделения и концентрирования в аналитической химии. Им 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 области энантиоселективной жидкостной

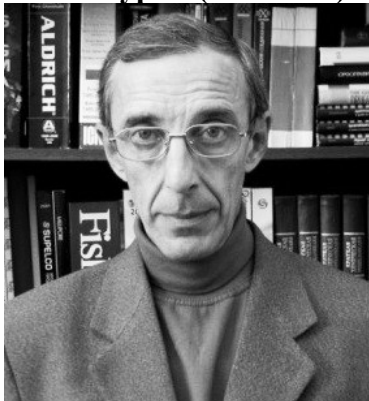
хроматографии. Предложен принцип синтеза сверхсшитых полимеров стирола, на базе которых создана серия нейтральных полимерных сорбентов нового поколения. Сорбенты обладают уникально высокой сорбционной емкостью по отношению к органическим веществам, находящимся в водных или воздушных средах. Они нашли широкое применение для концентрирования микропримесей, а также в крупномасштабных сорбционных процессах в пищевой, химической, медицинской промышленности.



А.К. Буряк (3.06.1960)



В.Г. Березкин (18.04.1931)



Г.И. Барам (28.04.1948)



А.М. Долгоносов (01.07.1956).

Профессор Яшин Я.И. – известный российский хроматографист, директор Научно-технического центра «Хроматография» НПО «Химавтоматика» (Москва). Научными интересами Я.И. Яшина являются теоретические и практические вопросы газовой, жидкостной и ионной хроматографии. Под его научным руководством разработаны многочисленные хроматографические методы анализа в химической, нефтехимической, газовой и пищевой промышленности для контроля загрязнения окружающей среды, а также в медицине. Им были разработаны физико-химические основы газо-адсорбционной хроматографии, исследовано влияние химической природы поверхности и геометрической структуры адсорбентов на селективность разделения, установлена связь структуры молекул с параметрами удерживания.

В Санкт-Петербурге наиболее заметными учеными, работающими в области хроматографии, признаны Москвин Л.Н., Витенберг А.Г., Зенкевич И.Г., Карцова Л.А., Красиков В.Д.

Профессор Москвин Л.Н., заведующий кафедрой аналитической химии Санкт-Петербургского государственного университета создал научную школу, в область научных интересов которой входят методы разделения и концентрирования, хроматографические, проточные методы анализа, радиоаналитические методы, химические и радиохимические технологии в атомной энергетике. Этой школой

выполнены основополагающие работы в области экстракционной хроматографии; разработана непрерывная двухмерная хроматография, проведены работы в области хроматографии на блочных (монокристаллических) носителях и сорбентах, открыта жидкостно-газовая хроматография.



И.Г. Зенкевич (2.10.1951)



Л.А. Карцова (30.05.1946)



В.И. Калмановский (23.03.1932)



В.Д. Красиков (30.01.1952)

Профессор Витенберг А.Г. - ведущий научный сотрудник лаборатории газовой хроматографии Санкт-Петербургского государственного университета, имя которого наряду с профессором Б.В. Иоффе связывают с разработкой теоретических основ и важных приложений парофазного газохроматографического анализа.

Профессор Зенкевич И.Г. - зав. лабораторией газовой хроматографии НИИ Химии СПбГУ и зав. лабораторией аналитических методов Санкт-Петербургской химико-фармацевтической академии, является одним из самых активных авторов публикаций по хроматографии среди отечественных ученых. Научные интересы - проблемы хромато-спектральной идентификации органических соединений, хемометрика. Им предложены эффективные методы расчета аналитических параметров, относящихся к хроматографии; разрабатывается теория идентификации компонентов в этот методе.

Карцова Л.А. – профессор кафедры органической химии химического факультета Санкт-Петербургского государственного университета также один из лидеров в России по публикациям в области хроматографии. Ее наиболее значимые работы посвящены решению фундаментальной проблемы – увеличению селективности хроматографического разделения сложных смесей органических веществ различных классов за счет введения макроциклических агентов в состав

подвижных и неподвижных фаз в газовой и жидкостной хроматографии, а также в состав рабочего буферного электролита в режиме капиллярного электрофореза.

Д.х.н. Шатаева Л.К. и Демин А.А. внесли большой вклад в теорию выделения и разделения физиологически активных веществ на карбоксильных сорбентах.

Профессор Красиков В.Д. работает над развитием методов тонкослойной хроматографии, разрабатывает стратегии выбора мобильной фазы для эффективного разделения, является автором многих методик разделения и количественного определения большого количества соединений.



В.И. Дейнека (2.05.1951)



С.Н. Штыков (28.10.1948)

В Воронеже научной школой в области хроматографии и ионного обмена руководит Селеменев В.Ф., заведующий кафедрой аналитической химии ВГУ. Профессор Селеменев В.Ф. развивает теорию ионообменных равновесных и неравновесных процессов с элементами самоорганизации при сорбции физиологически активных веществ. Селеменев В.Ф. – бессменный главный редактор, основанного им научного журнала «Сорбционные и хроматографические процессы». Наш журнал продолжил лучшие традиции сборника «Теория и практика хроматографических процессов», 24 выпуска которого предшествовали созданию в 2000 г. журнала «Сорбционные и хроматографические процессы». К научной школе Селеменева В.Ф. можно отнести целый ряд докторов химических наук: проф. Рудакова О.Б., зав. кафедрой химии ВГАСУ, проф. Славинскую Г.В., проф. Хохлова В.Ю., проф. Котову Д.Л., д.х.н. Калача А.В., зав. кафедрой фармацевтической химии ВГМА Рудакову Л.В. На его кафедре работают крупные ученые проф. Шапошник В.А. и проф. Бобрешова О.В., основные работы которых относятся к области мембранной электрохимии. В.А. Шапошником обнаружены нелинейные явления переноса ионов при электродиализе амфолитов: барьерный эффект, стимулированный транспорт биполярных ионов через ионоселективные мембраны, введены новые представления об элементарном акте транспорта ионов в ионообменниках, основанные на определяющей роли реакции переноса водородной связи между фиксированными ионами. Шапошник В.А. большое внимание уделил творческому наследию Цвета М.С., философскому осмыслению хроматографических процессов.

В ВГУ и других ВУЗах г. Воронежа проводят оригинальные исследования в области хроматографии, ионного обмена и мембранных процессов проф. Бельчинская Л.И., проф. Котов В.В., проф. Бутырская Е.В., проф. Васильева В.И. Фундаментальные разработки проф. Кравченко Т.А. в области химии редокситов нашли свое отражение в многочисленных монографиях.

Отметим крупных отечественных ученых в области хроматографии и в других научных центрах России. В Саратове работают такие видные ученые как Штыков С.Н. и Сумина Е.Г., они развивают принципы супрамолекулярной химии, нанохимии и нанотехнологий в химическом анализе, изучают физико-химические свойства организованных сред на основе мицелл, микроэмульсий, молекул-рецепторов и возможности их применения в анализе, в том числе в методами жидкостной хроматографии, ТСХ. В Самаре известными учеными в хроматографии являются Буланова А.В., Онучак Л.А., Платонов И.А., активно работающие в области хроматографии биологически активных веществ, в применении хроматографии для экологических целей, Онучак Л.А. изучает возможность применения в хроматографии жидкокристаллических веществ, а Платонов И.А. занимается не только хроматографией, но и сверхкритической экстракцией. В Нижнем Новгороде работает Крылов А.В. над хроматографическим анализом особо чистых веществ, Калмановский В.И. из Дзержинска известен разработками в области метрологии хроматографического анализа, в Новосибирске работает Барам Г.И., один из разработчиков метода микроколоночной хроматографии и методик анализа этим методом объектов, содержащих хлорфенолы и другие экотоксиканты. К новосибирской хроматографической школе принадлежит Сидельников В.Н., разработчик поликапиллярных колонок и способов анализа с их применением. В Белгороде трудится Дейнека В.И., один из исследователей хроматографическими методами биологически активных веществ в разнообразных матрицах растительного происхождения, разработчик способов идентификации сложных природных смесей. В Орле отметим Сычева С.Н. (1.01.1956 – 17.05.2014), который был не только разработчиком детекторов для микроколоночного хроматографа, но и ученым, внедрившим в практику идентификации и интерпретации хроматографических данных хемометрические приемы, в частности, применение метода главных компонент. Очень жаль, что жизнь этого яркого человека оборвалась в самом расцвете творческих сил.

Много интересных хроматографических исследований выполнено в Кубанском университете под началом Темердашева З.А., а в области мембранных процессов – проф. Заболоцкого В.И. и проф. Никоненко В.В. Научные школы, конечно же, готовят новые поколения хроматографистов, чьи имена уже появились на страницах отечественных и зарубежных периодических изданий, упомяну в этой связи Вострова И.А., Григорьева А.М., Дворкина В.И., Другова Е.С., Сычева К.С., Карпова С.И., Каламбета Ю.А., Ревельского И.А., Сапрыкина Л.В., Смоленкова А.Д., Федорова С.В., Яшина Е.Я., Яшина А.Я. Отечественная хроматография успешно развивается, ее ждут новые достижения и открытия.

Список литературы

1. Шапошник В.А. 110 лет открытия хроматографии М.С. Цветом // Сорбционные и хроматографические процессы. 2013. Т. 13. №6. С. 741-750.
2. Ларионов О.Г., Коломиец Л.Н., Сенченкова Е.М. Они были первыми в отечественной хроматографии. В кн. 100 лет хроматографии. М. Наука, 2003. С. 21-31.
3. Долгоносков А.М., Рудаков О.Б., Суворцев И.С., Прудковский А.Г. Колоночная хроматография как объект математического моделирования, Воронеж, 2013. 400 с.
4. Rudakova L.V., Rudakov O.B. One hundred and ten years of Russian chromatography // Сорбционные и хроматографические процессы. 2014. Т. 14. №1. С. 8-13

5. Яшин Я.И., Яшин А.Я. Основные тенденции развития хроматографии после 110-летия со дня ее открытия М.С.Цветом // Сорбционные и хроматографические процессы. 2014. Т.14. № 2. С. 203-213.

Рудаков Олег Борисович, д-р хим. наук, заведующий кафедрой химии Воронежского государственного архитектурно-строительного университета, Воронеж

Селеменов Владимир Федорович - д-р хим. наук, зав. кафедрой аналитической химии Воронежского государственного университета, Воронеж

Rudakov Oleg B. – Doctor of chemistry, head of the chair of chemistry of Voronezh state university of architecture and civil engineering, Voronezh, e-mail: rudakov@vgasu.vrn.ru

Selemenev Vladimir F. – Doctor of chemistry, head of the chair of analytical chemistry of Voronezh state university, e-mail: journal@chem.vsu.ru