УДК 543.544

Научный отчет о проведении Шестого Всероссийского Симпозиума «Кинетика и динамика обменных процессов» Роль SEPARATION SCIENCE в экологии

Боровикова С.А., Коломиец Л.Н.

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт физической химии и электрохимии им. А.Н. Фрумкина РАН, Москва

Шестой Всероссийский симпозиум «Кинетика и динамика обменных процессов» был проведен в г. Сочи с 29 октября по 6 ноября 2017 года в гостинице «Альмира». Симпозиум организован Институтом физической химии и электрохимии им. А.Н. Фрумкина Российской академии наук, Научным советом по физической химии РАН, а именно, Секцией совета «Физикохимия поверхности, кинетика и динамика обменных процессов» при финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований и ФАНО.

В работе симпозиума приняли участие 121 человек, представляющих 33 организации, работающие в области хроматографии и аналитического приборостроения, а также научных и научно-технических журналов. На симпозиум было заявлено 107 докладов, из них 52 устных и 55 стендовых.

Научная программа симпозиума начиналась с пленарного доклада проф., д.х.н. В.А. Даванкова с соавторми: Цюрупа М.П., Павлова Л.А., Пастухов А.В., Блинникова З.К., Давидович Ю.А., Гольдинг И.Р., Ильин М.М., Попов А.Ю. (ИНЭОС РАН, Москва) «Жесткая ажурная структура сверхсшитых полимерных сорбентов и основные возможности их применения в адсорбции и хроматографии».

В 2017 году В.А. Даванков и М.П. Цюрупа были удостоены Премии им. академика В.А. Каргина за работу «Сверхсшитые полимеры. Академии наук в области высокомолекулярных соединений, присуждаемой 1 раз в 3 года». Если для химии полимеров монография «Сверхсшитые полимеры» оказалась крайне интересной в теоретическом плане, то для практики адсорбционных и хроматографических процессов большое значение приобрел новый класс сорбентов – сверхсшитые полимеры, в первую очередь, сверхсшитый полистирол. Сверхсшитые полистирольные сорбенты нашли крупномасштабное применение в процессах обезвреживания промышленных водных и газовых выбросов, очистки питьевой воды, выделения ценных биологических компонентов из сложных смесей, синтеза ионообменных смол, композитных и каталитически активных материалов и т.д. Для ускорения массообмена эти промышленные сорбенты, как правило, имеют бипористую структуру, т.е., кроме характерных микропор, они содержат еще и более крупные транспортные каналы. К тому же они в значительно меньшей степени меняют свой объем при смене внешнего растворителя. Ажурная трехмерная структура сверхсшитого полистирола (и полидивинилбензола), устраняющая адгезию клеток крови и крупных белковых молекул, обеспечила уникальную гемосовместимость полимеров и позволила создать и внедрить в практику высокоэффективные гемосорбенты как для комплексной деток-

сикации крови, так и для направленного лечения сепсиса и септического шока. С использованием микропористых сверхсшитых полистирольных сорбентов разработан представляющий интерес для промышленности уникальный метод разделения концентрированных растворов минеральных кислот, солей и оснований. Он базируется на близости размеров гидратированных ионов и диапазона размеров микропор в матрице полимера.

Сверхсшитая сетка полимера представляет собой удобную матрицу для формирования в ней наночастиц каталитически активных металлов или их оксидов. Получаемые нанокомпозитные катализаторы обладают высокой стабильностью размеров (и активности) наночастиц и высокой проницаемостью матрицы (в любых растворителях) для молекул, подлежащих каталитическим превращениям. Формированием в матрице сорбента наночастиц магнетита легко получить магнитные материалы. Для экологического анализа незаменимой оказалась способность сверхсшитых сорбентов эффективно концентрировать микропримеси из водных и воздушных сред. При этом, в отличие от активированных углей, сверхсшитые сорбенты позволяют легко и полностью десорбировать эти микропримеси для последующего хроматографического анализа. Выраженная способность сверхсшитого полистирола удерживать сорбаты за счет π-π взаимодействий позволяет селективно улавливать полярные и ароматические соединения как из водных растворов, так и из гексановых экстрактов. Большое будущее микропористым сверхсшитым полимерам открывается в прямом анализе плазмы крови и других биологических жидкостей на содержание токсичных веществ, лекарственных препаратов и их метаболитов. Здесь особую роль приобретают эксклюзионные эффекты по отношению к крупным белковым молекулам.

Малоизученными и прецизионными остаются методы получения монолитных сорбционных фаз сверхсшитой структуры для капиллярной хроматографии и капиллярной электро-хроматографии.

Интересные результаты по сверхсшитым полиэлектролитам представлены в докладе аспиранта А.Ю. Попова, соавторы: Блинникова З.К., Цюрупа М.П., Даванков В.А. (ИНЭОС РАН), «Синтез и сорбционные свойства сверхсшитых полистирольных сорбентов ограниченного доступа». Разработка простых и точных методов определения низкомолекулярных экзогенных и эндогенных соединений в биологических жидкостях, таких как моча, плазма, слюна и т.д. необходима для многих сфер науки, медицины и смежных областей. Такие жидкости содержат высокие концентрации белков, что мешает непосредственному анализу малых концентраций низкомолекулярных веществ классическими хроматографическими методами. Поэтому стандартная процедура подготовки образца к анализу включает этапы осаждения белков и концентрирования аналита. Значительно упростить процесс предподготовки можно, если использовать твёрдофазную экстракцию (ТФЭ) на сверхсшитых ограниченного доступа (restricted access materials, RAM). Такие сорбенты не поглощают высокомолекулярные элементы крови, в том числе белки, но сорбируют низкомолекулярные вещества.

Основная тема симпозиума: «Роль Separation. Science в экологии» была подробно освещена в докладе проф. А.К. Буряка с соавторами: Карнаева А.Е., Матюшин Д.Д., Пыцкий И.С., Ярцев С.Д. (ИФХЭ РАН, Москва). «Экологические проблемы в ракетно-космической отрасли и их решения хромато-масс-спектрометрическим методом». Наибольший общественный резонанс в области ракетно-космической деятельности вызывает использование наземной инфраструктуры: космодромов, полей падения отделяемых частей ракетоносителей, а также предприятий по производству ракетных топлив. При этом огромное внимание уделяется определению несиммет-

ричного диметилгидразина (НДМГ), который, как и некоторые продукты его трансформации, относится к веществам первого класса опасности.

В докладе рассмотрены возможности хромато-масс-спектрометрического метода при анализе объектов окружающей среды и наземной космической инфраструктуры на наличие токсичных компонентов и возможности метода при разработке технологий, снижающих экологический ущерб от ракетно-космической деятельности. В докладе проанализированы проблемы, связанные с полным циклом производства, использования и утилизации основного компонента ракетного топлива – несимметричного диметилгидразина (НДМГ), а также с очисткой от него загрязненных участков территорий и других объектов окружающей среды. В докладе рассмотрены возможности хромато-масс-спектрометрического метода при анализе объектов окружающей среды и наземной космической инфраструктуры на наличие токсичных компонентов и возможности метода при разработке технологий. В докладе также рассмотрены проблемы глобального экологического воздействия пусков: от выжигания озонового слоя до загрязнений верхних слоев атмосферы продуктами сгорания твердых топлив. На примере многих результатов фундаментальных и прикладных исследований, проведенных в ИФХЭ РАН, в том числе, совместно с профильными российскими ведомствами, показаны возможности хромато-масс-спектрометрического метода анализа природных и техногенных объектов, а также продемонстрировано значение метода для разработки новых технологий, снижающих экологический ущерб от ракетно-космической деятельности.

Карнаева А.Е. с соавторами: Милюшкин А.Л., Буряк А.К. (ИФХЭ РАН) более подробно остановилась на одной из проблем, обозначенных в докладе А.К. Буряка, а именно, на применении тандемной хромато-масс-спектрометрии для мониторинга продуктов длительной окислительной трансформации НДМГ. Разработанные в Институте методики вызвали интерес и дискуссию со стороны специалистов-участников симпозиума.

Актуальным и интересным для всех участников оказался доклад д.х.н. Г.И. Барама (Новосибирский государственный университет) «Применение ВЭЖХ в исследованиях экосистемы озера Байкал», который показал состояние нашей «водной жемчужины». В докладе особое внимание уделено обсуждению противоречий, часто возникающих между экологами и защитниками окружающей среды, не позволяющих объективно выявлять причинно-следственные связи, знание которых необходимо для понимания процессов, происходящих в экосистемах.

Несмотря на то, что ВЭЖХ уже давно является ведущим методом аналитической химии, ее применение в экологических исследованиях до сих весьма ограничено. Намного более сильную позицию здесь занимает ГХ, так как основной интерес экологов традиционно связан с определением в окружающей среде летучих веществ. Свидетельством того, что потенциал ВЭЖХ в этой области во многом недооценен, могут служить результаты, полученные автором со своими коллегами из Лимнологического института СО РАН (г. Иркутск) при изучении экосистемы озера Байкал за длительный период с 1987 по 2005 гг. Для проведения ВЭЖХ-анализов в условиях корабельной лаборатории непосредственно в местах отбора проб был разработан мобильный жидкостный хроматограф «Милихром А-02», который с 1996 г. серийно производится ООО Институтом хроматографии «ЭкоНова» в Новосибирске.

За указанный период был разработан комплекс методик ВЭЖХ-анализа, применение которых позволило существенно расширить наши представления о процессах, происходящих в Байкале и его водосборном бассейне.

Уникальную роль и возможности препаративной хроматографии в биотехнологии продемонстрировал д.х.н. С.М. Староверов с соавторами: Карасев В.С., Боч-

кова О.П., Сарвин Н.А. в докладе «Хроматографические технологии получения свободных от вирусов высокоочищенных белков плазмы крови» («БиоХимМак СТ», Москва). Рассмотрены современные технологические подходы получения высокоочищенных белков плазмы крови, основанные на хроматографических методах фракционирования. Достижение возросших нормативов к степени очистки компонентов плазмы крови по содержанию агрегатов и фрагментов, а также требования вирусной безопасности, невозможно без применения хроматографических методов фракционирования, которые обеспечивают не только однородность целевого белка, но и удаление реагентов, зачастую используемых при вирусной инактивации сырья для очистки. Как основной, рассматривается разработанный авторами оригинальный подход к выделению и очистке иммуноглобулина G и смеси иммуноглобулинов A и M, основанный на комплексной переработке осадка A (по Кону) плазмы крови.

В докладе О.А. Чижова (ИОХ РАН, Москва) «Масс-спектрометрия углеводов - аспекты и тенденции» рассмотрены история масс-спектрометрии углеводов и масс-спектрометрические подходы для структурных и аналитических целей в химии углеводов. Представлены некоторые направления развития масс-спектрометрии углеводов: 1) получение новых производных углеводов (введение хромофорных и ионогенных меток;

2) использование спектрометрии ионной подвижности для увеличения селективности разделения стереоизомерных углеводов и гликозидов;

3) использование специфических хроматографических фаз, включая хиральные, для увеличения селективности разделения углеводов и их производных; 4) применение мягких (атмосферных) методов ионизации для углеводов и их производных; 5) применение масс-спектрометрии для анализа производных сложных углеводов и гликоконъюгатов в условиях индуцированной диссоциации ионов.

В своем сообщении Бурмыкин Д.А. (ООО «Брукер») «Инновационные решения компании Брукер на базе хроматографии и масс-спектрометрии» представил новые решения компании как уникальные возможности новых приборов по определению большого количества жестко нормируемых органических и элементоорганических соединений с чрезвычайно малыми значениями пределов обнаружения (на уровне десятых и сотых долей нг/дм^3).

Хабаров В.Б. с соавторами: Хабаров М.В., Буряк А.К. (ИФХЭ РАН, Москва) сделал доклад «Определение полиароматических соединений в дизельном топливе на колонке гиперкарб и детектировании рефрактометрическим детектором с лазерным модулем». Доклад вызвал много вопросов и дискуссию, связанную с противоречием между новыми аналитическими возможностями использования современных хроматографических приборов с высокочувствительными и селективными детекторами и устаревшими нормативными документами, сдерживающими внедрение современных методов в нефтяную отрасль.

Мазур Д.М. с соавторами: О.В. Полякова, А.Т. Лебедев (МГУ им. М.В. Ломоносова) продемонстрировал результаты интересных исследований, проведенных на кафедре органической химии химического факультета МГУ, демонстрирующих новые возможности применения двумерной газовой хроматографии совместно с масс-спектрометрией для определения индексов удерживания органических соединений различных классов.

В докладе проф. Р.Х. Хамизова показаны различные подходы к корректному описанию кинетики сорбционных процессов в ограниченном объеме. Рассмотрена кинетика сорбции в ограниченном объеме, описываемая нелинейным уравнением с переменным равновесным параметром для границы раздела фаз. Показано, что разностное уравнение такого типа с некоторым приближением может быть сведено к

удобным для обработки экспериментальных данных кинетическим уравнениям псевдо-первого и псевдо-второго порядков с постоянными параметрами. Погрешности такого приближения меньше, чем характерные экспериментальные погрешности построения кинетических кривых. При линейной изотерме сорбции, а также при изотерме Ленгмюра кинетика сорбции может быть приближенно описана уравнением псевдо-первого порядка. Кроме того, в случае изотермы Ленгмюра, а также при изотерме полимолекулярной сорбции БЭТ кинетика может быть описана в виде суммы уравнений псевдо-первого и псевдо-второго порядков или только в виде уравнения псевдо-второго порядка. Для всех перечисленных случаев показано, каким образом параметры кинетических уравнений связаны с равновесными характеристиками сорбентов. Проведенный анализ свидетельствует о том, что возможность описания экспериментальных данных, полученных в кинетических экспериментах в ограниченном объеме с использованием моделей псевдо-первого или псевдо-второго порядков, связана с возможностями математических приближений и преобразований и не может быть использована для характеризации кинетических механизмов.

Доклад проф. Платонова И.А. с соавт. посвящен разработке блочно-пористых сорбционных материалов для концентрирования органических микропримесей из газовых сред. Изучена возможность использования материала «Металлорезина» в качестве сорбционного материала для концентрирования микропримесей высококипящих органических соединений на примере пластификатода диоктилфтала (ДОФ).

В докладе проф. Платонова И.А. (Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королева) «Получение газовых смесей известного состава динамическими методами» были представлены хроматодесорбционные микросистемы (ХДмС), представляющие собой медицинские иглы, заполненные сорбентом. Разработана и оптимизирована методика изготовления ХДмС. Экспериментально исследована возможность применения в качестве насадки полимерных, модифицированных, неорганических и наноструктурированных сорбентов. Показано, что наиболее целесообразно применение поверхностнослойных сорбентов, модифицированных сорбционно-активными неорганическими солями. Установлено, что разработанные системы позволяют получать газовые смеси, содержащие нормируемое микроколичество ацетона в течение последовательных 6 циклов дискретной работы.

В рамках работы проф. Платонова с соавт. «Микрофлюидные газохроматографические системы для анализа компонентов природного газа» разработаны микрохроматографические модули, в том числе предназначенные для определения компонентов природного и технологического газов.

В докладе проф. А.В. Булановой с Р.В. Шафигулиным «Разработка высокоэффективных энергосберегающих катализаторов гидрирования» (Самарский Университет им. С.П. Королева) рассмотрены процессы гидрирования в нефтехимии и нефтепереработке, так как они лежат в основе получения высокооктановых экологически чистых топлив, различных полимеров, каучуков. Гидрирование диеновых, ацетиленовых углеводородов и бензола относится к стратегически важным процессам нефтепереработки и нефтехимии, применяемых при переработке фракций пиролиза нефти и дальнейшем производстве полимеров, а также в производстве капролактама. В промышленности для процессов гидрирования применяются, в основном, платиновые, палладиевые и никелевые катализаторы, причем процесс протекает при повышенных температурах и давлении (150-250 0С; 2-3 МПа). Разработка катализаторов нового поколения позволит повысить не только эффективность и селективность этих процессов, но и снизить потребление энергоресурсов. В настоящее время ведется поиск новых эффективных катализаторов на основе наночастиц металлов.

Наночастицы, вследствие своих структурных и физико-химических свойств, квантово-размерных эффектов, проявляют повышенную реакционную и каталитическую активность по сравнению с материалами, находящимися в конденсированном состоянии. Авторами исследованы каталитические свойства нанокомпозитов, содержащих нано-частицы Ni и Cu в реакциях гидрирования гексена-1, гептена-1, гексадиена-1,5, гексин-1, циклогексена и бензола. Рассчитаны кинетические характеристики этих процессов, а также структуры активированных комплексов, энергия активации и энтропия их образования. Полученные образцы катализаторов позволяют проводить процесс при давлении до 2 атм. и температуре 120-140°C с высокой скоростью и конверсией.

Кроме того, к докладам вышеуказанного общего типа примыкают устные презентации, связанные с темой истории науки, а именно: «Ионная хроматография в экологии»; «Ионный обмен и хроматография: от истоков до наших дней», «Истоки ТСХ, М. Шрайбер и Н. Измайлов» Рыбаковой Е.В (Abacus GMBH) и проф. С.Н. Ланина (МГУ, Москва) «К истории развития представлений об адсорбции: первые ее математические описания, термодинамический формализм».

Проф. А.А. Карцова (СПбГУ) выступила с хорошо иллюстрированной презентацией «Случайные неслучайные Открытия», включающей Исторический очерк об Открытиях в науке, начиная с 1670 до 2016, а также краткие биографии многих Нобелевских лауреатов-химиков.

Участники симпозиума продемонстрировали высокий уровень выполнения исследований и представления результатов в форме устных и стендовых докладов. В целом, наблюдалось заинтересованное участие в работе заседаний и стендовых сессий, активное обсуждение различных проблем и плодотворные дискуссии вне официальных заседаний.

В рамках Симпозиума была проведена Школа-конференция молодых ученых «Кинетика и динамика обменных процессов», в которой приняли участие 59 человек, из них – 39 молодые ученые из 26 организаций, работающих в области теории и практики хроматографии, масс-спектрометрии и аналитического приборостроения. Всего на Школе было представлено 14 устных и 20 стендовых докладов молодых авторов.

Научная программа Школы-конференции молодых ученых включала заседания по следующим вопросам: РОЛЬ SEPARATION SCIENCE В ЭКОЛОГИИ и современной науке, нанохимии и биомедицине; актуальные разработки российских ученых, используемые в науке и технологиях; отечественные методические и программные разработки в области Separation Science; новейшие достижения в области хромато-масс-спектрометрии.

На Школе молодых ученых был представлен доклад к.х.н. Пыцкого И.С. с соавторами: Ярцев С.Д., Кузнецова Е.С., Буряк А.К. «Мониторинг аминокислот методом ПАЛДИ с использованием кратерообразующих соединений» (ИФХЭ РАН, Москва). Аминокислоты являются важным объектом исследования и широко применяются в медицине, фармакологии и научных исследованиях. В связи с этим большой научный интерес вызывает разработка методики экспрессного обнаружения аминокислот методом ПАЛДИ. Метод является крайне экспрессным при простой методике пробоподготовки. Обычно аминокислоты определяют методом ПАЛДИ с использованием различных типов саж в качестве инициирующей поверхности. Метод позволяет проводить мониторинг аминокислот в различных сложных смесях и биологических жидкостях.

Доклад аспиранта ИФХЭ РАН Ярцева С.Д. с соавторами: Матюшин Д.Д., Буряк А.К. «Методы масс спектрометрии для обнаружения органических веществ на

металлических поверхностях» был посвящен исследованию поверхностей материалов, применяемых для изготовления конструкций в ракетной технике. Вследствие контакта с компонентами ракетного топлива и веществами, используемыми при производстве (ингибиторами коррозии, соединениями, препятствующими солеотложению и др.), состав поверхности конструкционных материалов претерпевает изменения. Это явление требует изучения, и масс-спектрометрия – незаменимый метод в исследованиях такого рода. Получаемые результаты используют для оценки качества производимых материалов, установления предыстории неизвестных образцов, развития стратегии их переработки и принятия решения о возможности повторного использования. В работе описано использование двух подходов: проведение экстракции органическим растворителем с исследуемой поверхности с последующим анализом экстракта методами хромато-масс-спектрометрии, а также непосредственное исследование поверхности методом масс-спектрометрии с лазерной десорбцией/ионизацией. Разработано и апробировано программное обеспечение для проведения масс-спектрометрической визуализации образцов с автоматизированным сбором и обработкой масс-спектров.

Молодые участники конференции из Воронежа, Самары, Москвы, Новосибирска и Петербурга, выступили с сообщениями, которые вызвали у аудитории интерес и активную дискуссию. Молодой сотрудник Канатьева А.Ю. представила доклад с соавторами: Курганов А.А., Королев А.А., Попова Т.П, Ширяева В.Е. (ИНХС РАН, Москва): «Новые полярные неподвижные фазы для газовой хроматографии на основе олигоэтиленгликольдиакрилатов». В работе получены и исследованы новые неподвижные фазы для капиллярных колонок в газовой хроматографии. Метод получения новых фаз основан на нанесении на внутреннюю поверхность стенок капилляра (олигоэтиленгликоль) диакрилатов (ОЭГДА) с различными молекулярными массами с последующей их полимеризацией в присутствии пероксидных инициаторов. Стационарные фазы на основе мономеров с молекулярной массой 10 кДа и более, показывают разделяющие свойства, близкие к свойствам традиционных стационарных фаз на основе ПЭГ, но обладают повышенной термостабильностью: приготовленные колонки позволили проведение рутинных анализов в интервале температур от комнатной до 250°C.

В докладе З.Б. Хесиной с соавторами: Ярцев С.Д., Матюшин Д.Д., Абхалимов Е.В., Ершов Б.Г., Буряк А.К. (ИФХЭ РАН, Москва) «Исследование состава оболочки наночастиц Au и Ag с помощью масс-спектрометрии МАЛДИ» были продемонстрированы возможности масс-спектрометрии МАЛДИ и ГХ-МС в анализе различных сложных объектов. Наночастицы (НЧ) золота и серебра в настоящее время находят применение в разных сферах науки от биологии и медицины до катализа. Для исследования НЧ золота и серебра и изучения их поверхности традиционно используют разные методы масс-спектрометрии. При анализе с помощью МАЛДИ (матрично-активированной лазерной десорбции/ионизации) раствора НЧ золота, которые оказались достаточно стабильны при мягкой ионизации лазером, были обнаружены кластеры с числом атомов до 33, соответствующие по размерам практически целостным наночастицам. Напротив, кластеры серебра не проявили стабильности даже в этих условиях. Низкая стабильность кластеров серебра является серьёзным ограничением к их исследованию методами масс-спектрометрии, не позволяющим идентифицировать большие кластеры (более 20 атомов).

Доклад Поликарповой Д.А. с соавторами: Дзема Д.В., Карцова Л.А. (СПбГУ) описывает «Влияние нано-анионита на параметры разделения неорганических анионов и органических кислот методом капиллярного электрофореза». Для увеличения скорости анализа, повышения селективности разделения анионных аналитов мето-

дом капиллярного электрофореза (КЭ) в фоновый электролит обычно вводят катионные детергенты, например, поверхностно-активные вещества (ЦТАБ) или водорастворимые полимеры. Альтернативой катионным детергентам могут стать наноразмерные полимерные частицы, проявляющие способность к анионному обмену – наноаниониты. Данная работа посвящена выявлению возможностей использования наноразмерного анионита (НИА) типа АВ-17, в качестве модификатора фонового электролита и стенок кварцевого капилляра для эффективного и селективного разделения неорганических анионов и органических кислот. Наноанионит обладает высокой ионооменной емкостью и адгезией к поверхности кварца. В работе впервые установлено, что добавка наноанионита, введенного в фоновый электролит, в концентрации, превышающей 0.01 мМ по функциональным группам, приводит к образованию на стенках кварцевого капилляра прочного физически-адсорбированного слоя, генерирующего обращенный электроосмотический поток (ЭОП). При этом, величина ЭОП фактически не зависит от pH фонового электролита, а создаваемое покрытие стабильно в широком диапазоне pH (2-10).

Доклады исследователей из Воронежского государственного университета были посвящены изучению и описанию сорбционных процессов в системах, содержащих ионогенные органические молекулы. В докладе аспирантки ВГУ А.Ю. Шолоховой с соавторами: Елисеев С.Я., Селеменев В.Ф., Лукин А.Н. «Особенности сорбции органических соединений с фенольной группой высокоосновным анионообменником» рассмотрен процесс поглощения сорбата полимерными сорбентами и механизм взаимодействий сорбента с сорбатом, что представляется необходимым условием для развития соответствующих технологий извлечения и разделения органических веществ. Цель вышеназванной работы – установление особенностей сорбции фенола и 4-гидроксибензальдегида высокоосновным анионообменником в статических условиях. Установлено, что сорбция фенольного соединения, содержащего карбонильную группу (4-гидроксибензальдегид) имеет полимолекулярный характер, а сорбция фенола – мономолекулярный, что связано со специфическим участием карбонильной группы в процессе поглощения ароматического альдегида анионообменником АВ-17-2П. Показано, что в исследуемых системах также возможно протекание ионного обмена за счет превращения молекулярных форм сорбата в анионные с их последующим взаимодействием с функциональными группами сорбента по реакции анионного обмена. Дополнительное поглощение рассматриваемых фенольных соединений может осуществляться за счет водородных связей, ван-дер-ваальсовых взаимодействий, по механизму Стэкинг-эффекта. Для характеристики структурных изменений сорбента при сорбции фенола и 4-гидроксибензальдегида использован метод ИК-спектроскопии.

В докладе к.х.н. Синяевой Л.А с соавторами: Карпов С.И., Беланова Н.А., Селеменев В.Ф., Roessner F. (ВГУ) «Наноструктурированные мезопористые материалы типа MCM-41 и SBA-15 для сорбционного концентрирования фосфолипидов в динамических условиях» обсуждались сорбционные процессы, осуществляемые в динамических условиях, которые традиционно применяются для оценки сорбционной емкости материалов по отношению к аналитам. Влияние целого ряда термодинамических и кинетических параметров существенно осложняет выбор сорбентов и оптимальных условий извлечения. Сорбционное концентрирование может служить альтернативой жидкостной экстракции, так как обеспечивает более высокие коэффициенты концентрирования и степень извлечения целевых компонентов. При этом появляется возможность варьирования селективности сорбентов за счет изменения природы и силы взаимодействия сорбата, как с сорбентом, так и с растворителем. В настоящее время условия сорбционного концентрирования фосфолипидов выбира-

ются эмпирически. Показано, что структурированность кремнийсодержащих материалов типа МСМ-41, высокая скорость доставки и отвода фосфолипидов (сорбции-десорбции) при контакте с материалом позволяет увеличить эффективность хроматографического процесса.

В докладе Голевой Е.А. с соавторами: Васильева В.И. «Разделение аминокислоты и минеральной соли диализом на профилированной сульфокатионообменной мембране» затронуто направление по применению мембранных процессов разделения и выделения биологически-активных веществ. Выявленные в работе закономерности сорбционных и транспортных процессов в системах, содержащих профилированные гетерогенные ионообменные мембраны и водно-солевые растворы фенилаланина, позволили установить рациональные условия разделения компонентов мембранным методом доннановского диализа. Установлено, что мембраны с геометрически неоднородной профилированной поверхностью обладают улучшенными характеристиками сорбции, диффузионного транспорта и разделения компонентов по сравнению с серийно выпускаемыми мембранами за счет увеличения поверхности массообмена, пористости, влагосодержания и возможности формирования на элементах профиля поверхности областей с возвратным движением раствора. Показано, что выделение аминокислоты из смеси с минеральной солью доннановским диффузионным диализом наиболее эффективно из разбавленных растворов, соответствующих оптимальным условиям реализации явлений «облегченной» диффузии аминокислоты и доннановского исключения сильного электролита в ионообменных мембранах. Доказана эффективность нейтрализационного диализа, характеризующегося по сравнению с другими видами диализа большими величинами фактора разделения компонентов, степенями извлечения минеральных ионов и меньшими потерями фенилаланина, за счет преимущественного нахождения аминокислоты в биполярной форме вследствие прохождения реакции нейтрализации в деминерализуемом растворе.

Завершил работу Школы молодых ученых аспирант Костенко М.О. с соавторами: Покровский О.И., Паренаго О.О., Лунин В.В. (МГУ, ИОНХ РАН, Москва) выступив с интересным докладом на тему «Влияние типа и количества сорастворителя на параметры удерживания структурно близких веществ в условиях сверхкритической флюидной хроматографии». Результаты работы позволили заключить, что порядок элюирования исследуемых аналитов зависит не только от стационарной фазы и сорастворителя, но и от его концентрации в составе флюида. Изменение объемной доли органического модификатора в элюенте приводит к инверсии удерживания изучаемых аналитов, что обусловлено, в существенной степени, динамической модификацией поверхности адсорбента полярными сорастворителями из подвижной фазы.

В рамках Шестого Симпозиума и Школы-конференции работала конкурсная комиссия по оценке устных и стендовых докладов молодых ученых в составе: д.х.н., профессора Карцовой Анны Алексеевны, д.х.н., профессора Булановой Анджелы Владимировны, д.х.н., профессора Ланина Сергея Николаевича, д.х.н., профессора Селеменева Владимира Федоровича, д.х.н., профессора Сидельникова Владимира Николаевича. По итогам конкурса работ молодых ученых были вручены дипломы I, II и III степени:

I степени: Соловьева Светлана Алексеевна – магистр СПбГУ Институт химии; Поликарпова Дарья Александровна – студент СПбГУ; Шашков Михаил Вадимович – к.х.н. Институт катализа им. Г.К. Борескова СО РАН; Попов Александр Юрьевич – аспирант ИНЭОС РАН.

II степени: Шолохова Анастасия Юрьевна – аспирант ФГБОУ «Воронежский Государственный Университет»; Синяева Лилия Александровна – кандидат химических наук, ведущий инженер кафедры аналитической химии ФГБОУ ВО «Воронежский государственный университет»; Голева Елена Алексеевна – кандидат химических наук, ведущий инженер ФГБОУ ВО «Воронежский государственный университет»; Шафигуллин Роман Владимирович - к.х.н., доцент Самарский университет.

III степени: Мазур Дмитрий Михайлович – к.х.н., младший научный сотрудник Московский Государственный Университет им. М.В. Ломоносова; Ярцев Степан Дмитриевич – аспирант ИФХЭ РАН; Пыцкий Иван Сергеевич – к.х.н. ИФХЭ РАН; Матюшин Дмитрий Дмитриевич – аспирант ИФХЭ РАН.

По итогам Симпозиума и Школы-конференции было принято следующее решение:

1. Учитывая высокий уровень и значимость Симпозиума и Школы-конференции в развитии теории и практики методов разделения, анализа и технологии, участники считают важным регулярное их проведение в дальнейшем и постановляют провести очередной Седьмой Всероссийский симпозиум с международным участием «Кинетика и динамика обменных процессов» в 2018 году, посвященный истории открытия, становления и развития хроматографии в России.
2. Для дальнейшего расширения круга участников Симпозиума и Школы-конференции, привлечения научной молодежи, выдающихся ученых, руководителей коммерческих структур, представляется важным доведение информации о прошедшем научном форуме до своих организаций и коллективов, в том числе, в виде сообщений на соответствующих заседаниях и семинарах, а также в форме размещения информации в научных и научно-технических журналах, на научных интернет-сайтах.
3. С целью популяризации и ознакомления молодых ученых с историей открытия и развития отечественной хроматографии издать книгу по истории отечественной хроматографии к следующему Симпозиуму.
4. Учитывая формальные сложности при защите кандидатских и докторских диссертаций, выполняемых по хроматографии, ходатайствовать перед министерством образования и науки об учреждении специальности, связанной с SEPARATION SCIENCE.
5. Участники Симпозиума и Школы-конференции отмечают высокое качество их проведения не только в научной части, но и в техническом обеспечении, проведении культурных мероприятий, обеспечении бытовых условий и выражают благодарность Организационному комитету.
6. Выразить благодарность В.Ф. Селеменеву и всей редакции журнала «Сорбционные и хроматографические процессы» за регулярную публикацию материалов Симпозиума и Школы молодых ученых в специальных выпусках журнала.
7. Продолжить практику приглашения с докладами ученых, завершающих кандидатские и докторские диссертации.

Решение принято единогласно открытым голосованием на завершающем заседании Симпозиума 05 ноября 2017 года.