

# МЕЖВЕДОМСТВЕННЫЙ СИМПОЗИУМ, ПОСВЯЩЕННЫЙ 100-ЛЕТИЮ ПРОФЕССОРА К.М.НИКОЛАЕВА

1 марта 2023 года в Институте физической химии и электрохимии имени А.Н.Фрумкина РАН прошел межведомственный симпозиум "Проблемы динамики сорбции и защита окружающей среды", посвященный 100-летию профессора, доктора химических наук, генерал-майора, Героя Социалистического Труда Константина Михайловича Николаева.

"Когда много лет назад к нам пришел работать молодой, но уже имеющий звание генерала Константин Михайлович Николаев, нашему институту выпала большая честь. Вклад, который он внес в развитие сорбционной науки, невозможно измерить," – сказал в приветственном слове директор ИФХЭ РАН, член-корреспондент РАН Алексей Константинович Буряк.

## ПУТЬ К.М.НИКОЛАЕВА

Константин Михайлович Николаев родился 1 марта 1923 г. в Москве. В 1942 г. он закончил Вольское военное училище химической защиты и получил звание лейтенанта. Как лучший выпускник, он был направлен на курсы повышения квалификации в Военную академию химической защиты им. К.Е.Ворошилова, где его учителями были такие известные специалисты в области адсорбции, как профессор Константин Васильевич Астахов и профессор Константин Васильевич Чмутов. Большой интерес к вопросам химической защиты побудил Константина Михайловича уже в 1943 г. поступить в эту академию в качестве слушателя. После окончания академии Константин Михайлович занялся научной и преподавательской работой. В 1953 г. он защитил кандидатскую диссертацию, которую подготовил под руководством академика Михаила Михайловича Дубинина. В 1962 г. он защитил докторскую диссертацию, научным консультантом которой тоже был академик Дубинин.

## ПРЕДПОСЫЛКИ ДЛЯ СОЗДАНИЯ НОВОЙ ЛАБОРАТОРИИ

С докладом "Константин Михайлович Николаев – основатель лаборатории синтеза и исследования сорбентов ИФХЭ РАН" выступила заведующая лабораторией, кандидат химических наук Галина Анатольевна Петухова.

"Лаборатория синтеза и исследования сорбентов ИФХЭ РАН была организована в 1975 г. по инициативе академика Михаила Михайловича Дубинина и его ближайшего ученика и соратника, соавтора теории объемного заполнения микропор, профессора Константина Михайловича Николаева," – рассказала она.

К моменту создания лаборатории Дубининым уже были разработаны основные положения теории объемного заполнения микропор (ТОЗМ), которая явилась крупным достижением адсорбционной науки. В отличие от многих научных концепций ТОЗМ применима не только к идеализированным модельным сорбентам, но к важнейшим реальным адсорбентам и системам. Она позволяет вычислять основные параметры адсорбционного равновесия (величины адсорбции, дифференциальные теплоты, энтропии адсорбции и т.д.) для различных веществ в широком интервале температур и давлений.

Исследования К.М.Николаева по адсорбции газов микропористыми сорбентами в критической области существенно расширили область применения этой теории. Им было выведено уравнение для расчета плотности веществ в изолированных порах на основе физико-химических констант вещества. К.М.Николаевым был начат большой цикл работ, посвященных практически неисследованной к тому времени области динамики адсорбции в тонких слоях сорбента и широком интервале проскоковых концентраций. Эти работы активно развивались и в 1970-е гг. – годы образования лаборатории. К.М.Николаев внес значительный вклад в изучение основных закономерностей динамики адсорбции паров в широком интервале проскоковых концентраций.

Благодаря работам К.М.Николаева была подготовлена большая научная база для создания научно-исследовательского коллектива, который будет заниматься развитием и практическим применением ТОЗМ при разработке новых типов адсорбентов, использовании их в процессах высокой очистки парообразных и жидких веществ от различных примесей.

Идея создания нового научного коллектива нашла поддержку в отделении химии АН СССР и в президиуме Академии наук СССР. Эту идею поддержал директор ИФХЭ РАН академик Виктор Иванович Спицын.

Основные направления исследований лаборатории синтеза и исследования сорбентов ИФХЭ РАН: разработка физико-химических основ целенаправленного синтеза адсорбентов и материалов; прогнозирование адсорбционных свойств и структурных параметров углеродосо-



Директор ИФХЭ РАН, член-корреспондент РАН А.К.Буряк и заведующая лабораторией синтеза и исследования сорбентов ИФХЭ РАН, к.х.н. Г.А.Петухова

державших адсорбентов в процессе синтеза; развитие теории и практики динамики адсорбции индивидуальных веществ и их смесей на слоях адсорбентов малой длины и в области следовых концентраций; термодинамика адсорбции органических веществ, включая биологически активные вещества, из растворов; разработка прогнозно-упреждающей концепции защиты от токсичных веществ различных классов.

Сначала новая лаборатория располагалась на территории Академии химзащиты (ВАХЗ). Константин Михайлович служил в ВАХЗ начальником кафедры по разработке средств индивидуальной и коллективной защиты. Исследования, которые проводились на кафедре, и работы новой лаборатории были тесно переплетены. Например, была создана одна из основополагающих концепций защиты от токсических веществ различных классов.

"По вторникам и пятницам академик Дубинин (который в то время возглавлял отдел сорбционных процессов в ИФХ РАН) приезжал в лабораторию, обсуждал с Константином Михайловичем научные вопросы и результаты, приглашал к разговору нас, молодых специалистов, консультировал и мотивировал на научную работу. Лаборатория была большая, и в ней было много молодых ученых – выпускники академии, МГУ, химических институтов. Константин Михайлович очень заботился о молодых специалистах. Нас направляли на конференции. В те времена были очень популярны "школы по адсорбции", и мы в них тоже участвовали," – вспоминает Галина Анатольевна Петухова.

### УСПЕХИ ЛАБОРАТОРИИ В ОБЛАСТИ ФУНДАМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

Рассказывая о результатах лаборатории синтеза и исследования сорбентов ИФХЭ РАН, Галина Анатольевна Петухова



Начальник кафедры "Средства защиты от ОМП" ВА РХБЗ, доктор технических наук Ю.С.Мизачев делает доклад "Военно-научная деятельность генерал-майора К.М.Николаева"

перечислила: получено уравнение для описания равновесной адсорбции веществ, отвечающее логарифмически нормальному распределению микропор по энергии адсорбции и применимое для описания равновесной адсорбции адсорбентами, имеющими микропоры любой формы: щелевидной, полусферической, V-образной и др.; получены уравнения, описывающие полимолекулярную адсорбцию на энергетически неоднородных поверхностях с применением уравнений ТОЗМ.

В лаборатории разработаны новые методы оценки пористой структуры, в том числе позволяющий оценивать пористую структуру в сорбентах не по стандартным адсорбтивам, а по веществам, непосредственно применяемым в сорбционных процессах. Этот метод не требует знания стандартных изотерм и позволяет прогнозировать адсорбционные свойства непористых и широкопористых адсорбентов, изучая адсорбтивы с существенно различающимися физико-химическими характеристиками. Это значительно расширяет возможности и значимость адсорбционных методов исследования.

Был разработан метод оценки пористой структуры природных материалов с неоднородной пористой структурой на основе анализа изотермы адсорбции водяного пара. Это метод экспрессной оценки, позволяющий получать достоверные результаты о суммарной поверхности мезопор, макропор и внешней поверхности адсорбентов, а также объема их микропор.

В лаборатории проводятся систематические исследования гидрофобных и гидрофильных свойств углеродных сорбентов и химического состояния их поверхности. В этих работах подробно изучено влияние различных кислородсодержащих окислов на адсорбируемость паров воды на поверхности активных углей.



*Заведующий лабораторией сорбционных процессов ИФХЭ РАН, доктор физико-математических наук А.А.Фомкин демонстрирует синтезированный адсорбент*



*Профессор ВА РХБЗ, доктор химических наук, ведущий научный сотрудник Института полимеров В.К.Гореленков*

Большое внимание лаборатория уделяет изучению особенностей развития пористой структуры при активировании углей. Учеными проведено систематическое исследование широкого круга сырьевой базы для производства углеродных адсорбентов и выявлены критерии, которые позволяют оценить перспективность любого вида сырья для получения сорбентов с заданной структурой. Этот метод оптимизации сырья, структуры и адсорбционных свойств сорбентов, основанный на математической модели развития микропористой структуры в процессе синтеза активных углей, позволяет количественно оценить степень развития системы микропор, спрогнозировать динамику изменений их при активировании в процессе синтеза, оценить оптимальные степени газификации материала, превышение которых приводит к разрушению микропористой структуры.

Впервые исследованы особенности динамики адсорбции тонкими слоями сорбентов в широком интервале проскоковых концентраций. В начале 1980-х гг. в лаборатории было обнаружено и обосновано свойство динамических систем, когда при физической адсорбции в любой динамической системе всегда можно выделить участок слоя адсорбента фиксированной длины, концентрация адсорбтива на выходе из которого будет равновесна средней величине адсорбции всего слоя. На основе этого определения разработана оригинальная дискретная модель слоя равновесной адсорбции, которая является новым подходом к решению задач нелинейной динамики адсорбции и хроматографии и во многом превосходит существующие в мире теории и модели по предсказательным возможностям и интервалам изменения переменных.

## СОРБЕНТЫ ДЛЯ ЭКОЛОГИИ

Галина Анатольевна рассказала о новых работах лаборатории: "Получен адсорбент, позволяющий извлекать диоксины из воды с эффективностью более 90%. При этом

обеспечиваются свойства удаления из воды других вредных примесей, включая фенолы, пестициды, нефтепродукты, соединения тяжелых металлов и вещества, обуславливающие неприятные запахи и привкусы воды. На основе разработанного сорбента создано фильтрующее устройство для доочистки питьевой воды от диоксинов. Разработан сорбент для аналитического контроля содержания диоксинов в воздухе, воде, почве и для разделения диоксинов".

Лаборатория принимала участие в проекте 7-й рамочной программы Евросоюза "ЭКОНАНОСОРБ" (Econanosorb), направленной на развитие и применение экологически безопасных технологий в деревообрабатывающей промышленности, разработку коммерчески жизнеспособных путей повышения качества древесно-полимерных композитов, клеев, композиционных и отделочных материалов.

Ученые ИФХЭ РАН изучали активные наполнители древесно-клееных композитных материалов для снижения эмиссии свободного формальдегида. Исследовано влияние различных видов модифицирования углеминерального природного сорбента шунгита на его физико-химические свойства, пористость и адсорбционную способность по промышленному токсиканту – формальдегиду. Оптимизировано количество вводимого нанодисперсного механоактивированного шунгита в качестве наполнителя и показано, что его введение позволяет снизить эмиссию свободного формальдегида из композитного материала до 0,040 мг/м<sup>3</sup>, т.е. в 3 раза ниже нормы формальдегида в воздухе.

Лаборатория активно сотрудничает с научными институтами РАН и вузами. Совместно с коллегами из Иркутского национального исследовательского технического университета проведен большой цикл работ по изучению структуры и физико-химических основ синтеза углеродных сорбентов для извлечения тяжелых металлов из водных растворов. В результате аналитического исследования адсорбционной



Выступление профессора ВКАХЗ Г.А.Живулина



Участники Межведомственного симпозиума, посвященного 100-летию профессора К.М.Николаева в ИФХЭ РАН

активности хрома (VI) с поверхностью разных углеродных сорбентов выявлены особенности возможного механизма адсорбционных процессов с участием ионов хрома (VI) и углеродной поверхности.

Вместе с коллегами из Липецкого государственного технического университета ученые лаборатории синтеза и исследования сорбентов ИФХЭ РАН разработали физико-химические основы синтеза композитных материалов на основе каолинита и диоксида титана. Получен материал для фотокаталитической пассивации формальдегида, изучены влияние термохимической обработки на его адсорбционную активность по воде и закономерности формирования в нем переходной пористости. Разработан углеродный терморасширенный сорбент с высокой термостабильностью (выше 7500С) для обеспечения экологической безопасности при использовании RDF в качестве альтернативного топлива в промышленных печах. Исследованы его адсорбционные свойства по экотоксикантам – наиболее вредным диоксинам (полихлордибензодиоксину и полихлордибензофурану).

### СОРБЕНТЫ ДЛЯ ПРИРОДНОГО ГАЗА, МЕТАНА

Заведующий лабораторией сорбционных процессов ИФХЭ РАН, доктор физико-математических наук Анатолий Алексеевич Фомкин выступил с докладом "Константин Михайлович Николаев в плеяде создателей теории объемного заполнения микропор".

Одна из важных работ лаборатории сорбционных процессов ИФХЭ РАН – создание высокоэффективных адсорбентов для метана – основного компонента природного газа – и изучение закономерностей его адсорбции на этих материалах. По заказу ПАО "Газпром" в лаборатории изучали возможности аккумулирования, хранения и транспортировки природного газа в адсорбированном состоянии. Были синтезированы новые сорбенты, которые могут быть использованы в крупных наземных газовых хранили-

щах – для промышленных потребителей; мобильных газовых терминалах – для обеспечения удаленных населенных пунктов и потребителей; бортовых газовых аккумуляторов, на автомобильном транспорте.

Главное достоинство адсорбционного хранения метана – его взрывобезопасность. Даже при серьезной автомобильной аварии и разгерметизации аккумулятора метан, который хранится не в сжиженном, не в сжатом, а в адсорбированном, т.е. связанном в поле дисперсионных сил, состоянии, покидает емкость достаточно медленно, чтобы не вызвать взрыв.

"Суммарная поверхность такого блока, – Анатолий Алексеевич показал участникам симпозиума черный прямоугольный параллелепипед, – составляет около 5 миллионов квадратных метров".

Плоский автомобильный аккумулятор, заполненный компактированным адсорбентом, вмещает адсорбированный природный газ метан в количестве, достаточном, чтобы автомобиль проехал 200 км. Аккумулятор устанавливается в багажник автомобиля и оставляет достаточно места для вещей.

"Прежде чем перейти к синтезу сорбентов, мы провели расчеты, пользуясь теорией объемного заполнения микропор, – закончил доклад Анатолий Алексеевич. – Эту теорию создавала плеяда талантливых ученых, и Константин Михайлович сделал одну из центральных работ. Я восхищаюсь его жизненным путем".

На симпозиуме выступили ветераны и преподаватели кафедры ВКАХЗ, которую ранее возглавлял профессор К.М.Николаев. Профессор ВКАХЗ Г.А.Живулин представил подготовленный к 100-летию профессора Н.Д.Зелинского справочник "Воинские фильтрующие противогазы и респираторы".

Материал подготовлен:

Ольга Макарова/пресс-служба ИФХЭ РАН