

### Андрей Владимирович Киселев

(1908—1984)

На 60-м Международном симпозиуме по коллоидной химии и химии поверхности (15—23 июля 1986 года, г. Атланта, США), на котором присутствовало около 500 делегатов, была прочитана пленарная лекция «Вклад работ А.В. Киселева в науку об адсорбции» профессором Брунельского университета К. Сингом (K.S. Sing), известным английским ученым в области адсорбции. Эта лекция, специально посвященная памяти выдающегося советского физико-химика, профессора Московского государственного университета им. М.В. Ломоносова Андрея Владимировича Киселева, вызвала большой интерес у присутствующих, в основном молодых ученых. Здесь же на секции «Мемориальный симпозиум по адсорбции, посвященный памяти А.В. Киселева», было заслушано 42 доклада, в том числе восемь докладов учеников Андрея Владимировича.

Памяти А.В. Киселева был посвящен прошедший в 1988 году в Москве Международный симпозиум по химии поверхности, адсорбции и хроматографии, организованный Научным советом по хроматографии АН СССР и Московским государственным университетом им. М.В. Ломоносова под эгидой ИЮПАК. В Симпозиуме участвовало более 150 делегатов из 23 стран, среди них были такие известные ученые как Р. Баррер, К.С.В. Синг, Д. Эверетт (Англия), Р. Пьеротти, Л.С. Эттре, В. Стил (США), Е. Ковач (Швейцария), Й. Хубер (Австрия), К.К. Унгер, Р. Кайзер, Г. Энгельгардт, В. Энгевальд (Германия), Ж. Лайе, К. Видаль-Мадьяр (Франция), Ф. Родригес-Рейносо (Испания), Ф. Брунер (Италия).

Наконец, в 1999 году с 12 по 16 апреля был проведен Всероссийский симпозиум по химии поверхности, адсорбции и хроматографии, приуроченный к 90-летию со дня рождения А.В. Киселева. В симпозиуме приняли участие 170 ученых из 20 городов России, а также Украины, Белоруссии и Эстонии.

Дань уважения Андрею Владимировичу Киселеву, всемирное признание его научных достижений в области адсорбции, хроматографии и химии поверхности говорят о значимости и фундаментальности его работ, внесших существенный вклад в развитие физической химии.

Андрей Владимирович Киселев родился 28 ноября 1908 года в Москве в семье служащего. В 1926 году он поступил на Химический факультет

МВТУ им. Баумана и окончил его в 1930 году. Еще будучи студентом 2-го курса, он приобщился к исследовательской работе. Его первым руководителем был Николай Александрович Шилов — основоположник современной теории сорбции газов. Это и определило направление всей дальнейшей научной деятельности А.В. Киселева. По окончании МВТУ он работал на кафедре физической химии Московского текстильного института. В эти годы появляются его первые статьи о строении геля кремниевой кислоты, теплотах адсорбции жидкостей и работе адсорбционных сил. В 1939 году Андрей Владимирович защитил кандидатскую диссертацию. В военные годы А.В. Киселев работал сначала на Физическом факультете МГУ у проф. Б.В. Ильина, а с 1943 года — на Химическом факультете МГУ, где в этом же году была образована лаборатория адсорбции в составе кафедры физической химии, возглавляемой проф. А.В. Фростом. Андрей Владимирович принимал активное участие в становлении этой лаборатории, в разработке основных направлений ее деятельности. За короткий срок были созданы сложные адсорбционно-вакуумные установки и уникальный калориметр для измерения дифференциальных теплот адсорбции, превосходящий по точности все существовавшие тогда калориметры. Заметим, что известный термохимик М.М. Попов довольно скептически относился к мечтам А.В. Киселева измерять малые количества теплоты. Однако Андрей Владимирович неустанно напоминал своим сотрудникам о необходимости «прецизионных измерений». В итоге работы в области адсорбции и калориметрии, возглавляемые Киселевым, выдвинули лабораторию в число передовых и принесли ей заслуженную известность как у нас в стране, так и за рубежом.

С 1943 по 1984 г. Андрей Владимирович был бессменным заведующим сначала лаборатории адсорбции, а затем лаборатории адсорбции и хроматографии химического факультета МГУ. Параллельно он организовал в Институте физической химии АН СССР группу химии поверхности, которая в 1965 г. была преобразована в лабораторию, а А.В. Киселев по совместительству стал ее заведующим.

В 1950 г. А.В. Киселев защищает докторскую диссертацию и с этого момента становится бессменным в течение 30 лет членом Ученого совета

Химического факультета МГУ, в течение 20 лет членом Ученого совета ИФХ АН СССР, членом трех Научных советов при АН СССР: по хроматографии, по адсорбции и по межмолекулярным взаимодействиям. Он был также членом Фарадеевского научного общества Англии.

Многие годы А.В. Киселев плодотворно работал в редколлегиях «Коллоидного журнала» и международных журналов «Chromatographia» и «Zeolites».

Общее число научных статей А.В. Киселева немногим менее 1000, число изобретений и патентов более 30. Он автор 17-ти монографий, некоторые из них были изданы в США, Франции, Германии, Японии, Израиле, Польше, ЧССР.

За большие научные достижения А.В. Киселев награжден орденом Трудового Красного Знамени и медалями, ему присуждены звание заслуженного деятеля науки и техники РСФСР, премии им. М.В. Ломоносова МГУ и им. Д.И. Менделеева, серебряная медаль химического общества Франции, медаль Коперника Университета в г. Торунь (ПНР), медаль Карла Маркса Лейпцигского университета. В 1974 г. А.В. Киселев в числе первых пяти выдающихся ученых—пионеров в области хроматографии был удостоен международной медали М.С. Цвета «За выдающиеся исследования в хроматографии», а в 1978 г. медали М.С. Цвета «В честь 75-летия открытия хроматографии».

Уже в начале своей научной деятельности на базе обширного экспериментального материала по сорбентам и катализаторам, термодинамике адсорбции, адсорбционной калориметрии, адсорбции паров и растворенных веществ А.В. Киселевым был создан адсорбционно-структурный метод изучения высокодисперсных тел и предложена рациональная классификация адсорбентов. Эти научные разработки составили основу методологического подхода к изучению и управлению структурой сорбентов и катализаторов в процессе их синтеза. В плане дальнейшего развития методологии исследования сорбентов А.В. Киселев считал необходимым привлечение других структурных методов: микроскопического, электронно-микроскопического, спектроскопического, термодинамического и др.

Параллельно он занимался теоретическим изучением термодинамики адсорбционных процессов, итогом стало объединение в единую систему результатов термодинамических исследований адсорбции газов, паров, чистых жидкостей и растворов на поверхностях твердых тел. Большим шагом вперед явился переход к абсолютным величинам адсорбции и энергии адсорбции, отнесенным к единице поверхности, что позволило сопоставить адсорбционные свойства различных адсорбентов.

Под руководством А.В. Киселева были разработаны методы геометрического и химического модифицирования структуры адсорбентов, что привело к созданию и организации производства в СССР нового класса адсорбентов — макропористых кремнеземов. Силикагели и силохромы с раз-

мерами пор в сотни и тысячи ангстрем нашли применение в газовой и жидкостной хроматографии и при иммобилизации ферментов.

Методом квазихимических равновесий А.В. Киселев получил общее уравнение изотермы адсорбции, учитывающее наряду с взаимодействием адсорбат—адсорбент взаимодействие адсорбат—адсорбат. Это уравнение удовлетворительно описывает все известные случаи адсорбции на адсорбентах с однородной поверхностью.

В работах А.В. Киселева показано, что по размерам пор и концентрации гидроксильных групп на поверхности силикагелей с учетом межмолекулярных взаимодействий можно количественно предсказывать адсорбцию различных веществ. На основании обширного экспериментального материала им была разработана теория корпускулярного строения ксерогелей, а также теория капиллярно-конденсационного гистерезиса для адсорбентов глобулярной структуры. В тщательных экспериментах были обнаружены максимумы теплот адсорбции при завершении капиллярной конденсации в однородно-пористых адсорбентах и дана подробная теоретическая интерпретация этого явления.

Наряду с адсорбцией и капиллярной конденсацией паров в центре внимания А.В. Киселева находилась и адсорбция из растворов.

Большое место в работах А.В. Киселева занимают вопросы химии поверхности адсорбентов и связанные с ней межмолекулярные взаимодействия с адсорбатом. В частности, серия работ посвящена влиянию дегидратации поверхности  $\text{SiO}_2$  на его адсорбционные свойства. Установлено, что изменение степени гидроксильирования поверхности силикагеля существенно влияет на форму изотерм адсорбции паров и растворенных веществ. Ученый приходит к выводу о том, что в ряде случаев форма изотермы адсорбции и теплота адсорбции зависят от химического состояния поверхности. В дальнейшем, помимо термической дегидратации, А.В. Киселевым с сотrud. были изучены другие виды химического модифицирования поверхности и влияние модифицирования на адсорбционные свойства по отношению к веществам различной природы. Киселев одним из первых применил химическое модифицирование поверхности для придания адсорбентам нужных поверхностных свойств. Своими исследованиями он показал, что химическое модифицирование поверхности является мощным фактором, способным в десятки раз изменить величины адсорбции, изменить форму изотермы адсорбции, изменить знак теплоты адсорбции, целиком подавить капиллярную конденсацию и т.п. Эти работы имеют прямое отношение к проблеме создания новых материалов с заданными свойствами. Соответствующим подбором адсорбента можно регулировать селективность газоадсорбционных колонок даже в случае смесей с неспецифически адсорбирующимися компонентами.

Глубокое знание адсорбционных явлений позволило А.В. Киселеву перейти к всестороннему изучению хроматографических процессов, что привело к созданию нового направления — газо-адсорбционной хроматографии. Основной теоретической проблемой лаборатории в этой области стало изучение межмолекулярных взаимодействий и специфичности в адсорбции и хроматографии и создание на этой основе новых адсорбентов и носителей. Была предложена классификация молекул и адсорбентов по их способности к неспецифическим и специфическим межмолекулярным взаимодействиям.

Принцип сочетания определенных химических и структурно-геометрических свойств поверхности адсорбентов позволяет решить задачу оптимизации процессов адсорбционной хроматографии. Согласно представлениям А.В. Киселева, можно предсказать, как пойдет разделение, если известны адсорбционные свойства компонентов смеси и соответствующие изотермы адсорбции. Адсорбционные исследования способствовали дальнейшему развитию теории и практики хроматографического разделения.

В 1967 г. вышла монография А.В. Киселева (в соавторстве с Я.И. Яшиным), посвященная газоадсорбционной хроматографии. Это была первая книга в мировой литературе на данную тему. Она была переведена на немецкий, английский и французский языки. В этой книге проблемы газоадсорбционной хроматографии рассматриваются на основе представлений о взаимодействии молекул с поверхностью твердого тела. Показано, что газоадсорбционная хроматография может быть важным средством физико-химических исследований поверхностей твердых тел и их адсорбционных свойств.

Подробные исследования межмолекулярных взаимодействий при адсорбции позволили перейти к нахождению атом-атомных потенциальных функций межмолекулярного взаимодействия. Наиболее просто межмолекулярные взаимодействия проявляются в газоадсорбционной хроматографии на адсорбенте с однородной поверхностью, каковым является графитированная термическая сажа (ГТС). Итогом этих работ стало создание нового метода исследования структуры молекул, названного хроматоскопией, или хроматоструктурным анализом. Сущность метода заключается в том, что зная структуру адсорбента (ГТС) и структуру адсорбирующейся молекулы, можно вычислить молекулярно-статистическим путем константы Генри адсорбционного равновесия, уточнить параметры атом-атомных потенциалов и проанализировать влияние сделанных при определении этих потенциалов приближений и допущений. С помощью хроматоскопии можно проводить идентификацию на хроматограмме веществ известного строения. Обратная задача — экспериментальное нахождение константы Генри для молекул неизвестной или не вполне известной структуры и определение параметров этой структуры, от которых

константа Генри сильно зависит. Наиболее просто эта задача решается для жестких или квазижестких молекул. Хроматоскопия дополняет существующие методы исследования структуры молекул, особенно сложных, имеющих много изомеров.

А.В. Киселев широко использует адсорбционные эффекты и в газожидкостной хроматографии для повышения селективности разделения. Разработка методов модифицирования поверхности адсорбентов привела к широкому применению метода адсорбционно-абсорбционной хроматографии, основанного на совместной реализации процессов адсорбции и растворения (или близких к растворению). В последние годы А.В. Киселев интенсивно развивал жидкостно-адсорбционную хроматографию. Развитие этого вида хроматографии также связано с разработкой молекулярных основ селективности и с созданием селективных адсорбентов. В 1979 году выходит очередная книга А.В. Киселева и Я.И. Яшина «Адсорбционная газовая и жидкостная хроматография», в которой излагается современная молекулярная теория адсорбционной хроматографии. Большое внимание в книге уделено влиянию природы и геометрической структуры адсорбентов на селективность и эффективность хроматографического разделения, а также путям регулирования эффективности и селективности адсорбента и оптимизации разделительной способности адсорбционных разделительных колонок с учетом межмолекулярных взаимодействий в адсорбционной хроматографии.

Велика заслуга А.В. Киселева в организации в нашей стране исследований адсорбции цеолитами. Его лаборатория одной из первых занялась вопросами, касающимися адсорбционных свойств цеолитов, как в экспериментальном, так и в теоретическом плане. В лаборатории была поставлена работа по изучению кристаллического гидрофобного кремнезема-силикалита, когда о нем почти ничего не было известно. И здесь проявилась большая научная интуиция Андрея Владимировича.

Андрея Владимировича с полным правом многие называли «Учителем» с большой буквы. Много внимания он уделял процессу обучения. В его лабораториях в МГУ и ИФХ проводились еженедельные семинары. С каким вниманием он относился к докладам своих сотрудников и приглашенных! После семинара он всегда приглашал докладчиков к себе в кабинет и еще долго обсуждал с ними полученные результаты и будущие эксперименты. На семинарах часто заслушивались доклады ученых из других лабораторий и предприятий. Андрей Владимирович считал, что такие семинары расширяют кругозор его и сотрудников лаборатории.

Андрей Владимирович прекрасно читал лекции, которые всегда были насыщены новейшими данными. Поражала логика изложения материала, умение увлечь всех казалось бы сухой наукой. Он всегда умел заинтересовать слушателей, как студентов, так и вполне зрелых ученых, увлеченно

рассказывал о предстоящих исследованиях, не оставляя никого равнодушным. Даже после инфаркта, когда ему не разрешали посещать работу, он читал спецкурс пятерым студентам 5-го курса у себя дома. Укажем, что в 1961 г. проблемная лаборатория адсорбции и хроматографии выпустила всего одного дипломника по специальности хроматография, а с 1961 по 1984 г. число окончивших по этой специальности было уже 144.

Андрей Владимирович учил сотрудников работать творчески, он с особой тщательностью выправлял рукописи статей, заставляя авторов переделывать их по нескольку раз. Он работал со статьями до последнего дня. За несколько дней до смерти на его тумбочке в больнице лежала куча статей, с которыми он намеревался еще поработать.

Андрей Владимирович Киселев — пример неутолимой жадности познания и огромного чувства ответственности. Курс лекций А.В. Киселева на протяжении многих лет постоянно совершенствовался и приобретал форму учебника. Он вышел в свет в виде монографии «Межмолекулярные взаимодействия в адсорбции и хроматографии» в 1986 г. уже после его смерти. Эта единственная в нашей стране и за рубежом книга по физической химии адсорбентов и хроматографии стала пособием для хроматографистов.

А.В. Киселевым создана большая научная школа. Среди его учеников 12 докторов и более 120 кандидатов химических наук, и это не только наши соотечественники, но и ученые из многих стран: Алжира (М. Бумахраз, А. Деркауи и Б. Саада), Болгарии (Л.Д. Димитров, С.В. Василева), Вьетнама (Фам Куанг Зы, Ле Зунг), Германии (П. Бройер, М. Райзер, С. Шпигиль), Сирии (М.А. Керим). В лаборатории постоянно работали стажеры из разных стран.

Лаборатории А.В. Киселева сотрудничали со многими научными и техническими организациями Советского Союза. Общее число его соавторов в научных работах около 500. Двадцать пять лет совместной работы связывали Андрея Владимировича с Дзержинским филиалом ОКБА. По научным разработкам Андрея Владимировича в ОКБА был создан специальный хроматограф Цвет-И (Исследователь), который получил медаль ВДНХ. Андрей Владимирович был одним из пионеров развития высокоэффективной жидкостной хроматографии в нашей стране.

Совместные работы с В.А. Даванковым и М.П. Цюрупа (ИНЭОС РАН) по исследованию сверхсшитых полистирольных сорбентов продолжались и после смерти Андрея Владимировича, сразу понявшего исключительность этих сорбентов для практических целей.

Можно еще вспомнить совместные работы с С.П. Ждановым (ЛГУ) по исследованию пористых стекол и цеолитов, с Б.А. Липкиндом (Горьковская опытная база) по синтезу силохромов и силикагелей разной структуры, результатом которых было

налаживание промышленного их выпуска; с В.Я. Мокеевым (г. Ставрополь) по синтезу и исследованию силохромов; с А.Б. Пашковым (НИИПМ Минхимпрома) по синтезу и исследованию полимерных сорбентов для целей космоса; сотрудничество с научными организациями Азербайджана, Армении, Грузии, Литвы, Украины, Казахстана и Эстонии. Всех не перечислишь.

Андрей Владимирович понимал значение международных связей для развития отечественной науки. Во время своей первой зарубежной командировки в 1957 г. на Международный конгресс по поверхностной активности (Англия) он представил 2 пленарных доклада и 13 сообщений совместно с сотрудниками, продемонстрировав высокий уровень адсорбционной науки в СССР. После этого визита были установлены прочные связи с лабораториями ряда стран. А.В. Киселева часто приглашали на международные симпозиумы и конгрессы. Он выступал с докладами в Эдинбурге, Брайтоне, Ноттингеме, Ливерпуле, Хьюстоне, Нью-Хемпшире, Риме, Гамбурге, Варшаве, Люблине, Кракове, Брно, Братиславе и др. По приглашению читал лекции в университетах Франции, Англии, Болгарии, ГДР, ЧССР, Польши, Германии.

Лаборатории, руководимые А.В. Киселевым, имели постоянные научные договоры с ЧССР. Доктор Ева Смолкова-Кейлемансова (факультет естественных наук Карлова Университета, г. Прага) с большой теплотой вспоминает годы сотрудничества с Химическим факультетом МГУ. В день своего последнего посещения лаборатории химии поверхности ИФХ АН СССР (конец мая 1984 г.) Андрей Владимирович с большим трудом, не подавая вида, что тяжело болен, обсуждал совместные результаты с доктором И. Градиллом (Институт макромолекулярной химии ЧСАН, г. Прага). После встречи Градилл сказал: «После разговора с Андреем Владимировичем заряжаешься энергией и можешь с увлечением работать долгое время». Он не знал, что через два месяца Андрея Владимировича не станет.

Андрея Владимировича отличали большая работоспособность, бесконечная преданность науке и Родине. Во время строительства нового здания МГУ на Ленинских горах он возглавлял Центральную комиссию по строительству и оборудованию, а затем научно-технический совет и художественную комиссию.

Лаборатория адсорбции в течение двух лет подготовила массу научно-технических заданий для создания научных приборов. К работе были привлечены мощные оборонные предприятия и многие Институты (ГОИ, МАИ, Манометр, Платиноприбор, Арсенал и др.). Андрей Владимирович вложил все свои силы, всю свою энергию в создание новых лабораторий Химического факультета МГУ.

Андрей Владимирович был исключительно обаятельным в общении, на всех симпозиумах и встречах он был в центре внимания, умел внима-

тельно выслушать собеседника, все стремились обсудить с ним свои научные проблемы, и он щедро делился идеями.

Круг интересов Андрея Владимировича был очень широк и не ограничивался только наукой. Второй страстью у него было искусство. После окончания средней школы он раздумывал, куда идти учиться, колеблясь между химией и архитектурой. Став химиком, он всю жизнь увлекался архитектурой, живописью, прикладным искусством и можно сказать, что его знания в этих областях были на уровне профессиональных. Андрей Владимирович коллекционировал старинную мебель, фарфор, часы, люстры, картины. Его пятикомнатная квартира в здании МГУ была настоящим музеем. Книги историков Соловьева и Ключевского были у него настольными. Из классиков художественной литературы Андрей Владимирович больше всего любил Л.Н. Толстого, особенно его философские работы. Книги Л.Н. Толстого он брал даже в заграничные командировки, и будучи уже тяжелобольным, он просил внучку почитать ему отрывки из романа «Война и мир».

Андрей Владимирович был большим любителем природы и путешествий, предпочитая всегда активный отдых — либо походы в окрестностях Москвы, которые он прекрасно знал, либо дальние подочные путешествия. Он был интересным собеседником, активным и деятельным участником экскурсий, любознательным и глубоко эрудированным человеком.

В 1995 г. вышла книга «Андрей Владимирович Киселев» под редакцией К.И. Сакодынского. В этой книге своими воспоминаниями об Андрее Владимировиче делятся как известные во всем мире

ученые, так и близко знавшие его люди, его ученики и друзья. Вот что написал об Андрее Владимировиче В.А. Даванков, председатель Научного совета по хроматографии: «Если верно, что история человечества — это лишь собрание биографий выдающихся личностей, то А.В. Киселев — замечательная страница в этой истории, страница, целиком принадлежащая русской науке и культуре, и действительно повезло тем, кому довелось познакомиться с этой страницей еще до того, как на ней была поставлена столь преждевременная точка». Этими словами мы завершаем свой рассказ об Андрее Владимировиче Киселеве, замечательном ученом и человеке.

После смерти Андрея Владимировича в 1989 г. был подготовлен при активном участии жены Татьяны Сергеевны Киселевой, которая всегда была его верным помощником во всех делах, и опубликован библиографический указатель трудов А.В. Киселева. Здесь мы приведем только четыре его монографии, которые отражают направления исследований во второй половине его научной деятельности:

1. *Киселев А.В., Яшин Я.И.* Газоадсорбционная хроматография. М.: Наука, 1967, 256 с.
2. *Авгуль Н.Н., Киселев А.В., Пошкус Д.П.* Адсорбция газов и паров на однородных поверхностях. М.: Химия, 1975, 384 с.
3. *Киселев А.В., Яшин Я.И.* Газоадсорбционная и жидкостная хроматография. М.: Химия, 1979, 288 с.
4. *Киселев А.В.* Межмолекулярные взаимодействия в адсорбции и хроматографии. М.: 1986, 360 с.

Доктор химических наук  
**К. Д. Щербакова**

Доктор химических наук  
**Л. Д. Белякова**