

УДК 541.18.02

КОЛЛОИДНАЯ ХИМИЯ В МОСКОВСКОМ УНИВЕРСИТЕТЕ (К 70-летию со дня основания кафедры коллоидной химии в Московском университете)

Б.Д. Сумм, В.Н. Матвеев

Вопросы коллоидной химии должно считать передовыми и могущими иметь значение во всей физике и химии.

Д.И. Менделеев

В феврале 2003 г. кафедре коллоидной химии химического факультета МГУ исполнилось 70 лет. В 1933 г. в системе университета химический факультет был восстановлен в составе 5 кафедр. Одной из них была кафедра коллоидной химии. В связи с этим юбилеем напомним о становлении коллоидной химии как самостоятельной научной дисциплины и об истории кафедры коллоидной химии в МГУ.

Коллоидная химия, как наука, возникла в середине XIX в. В 1861 г. известный английский химик Т. Грэм, изучая диффузию различных веществ в водных растворах, обнаружил, что некоторые вещества (желатин, агар-агар и т. п.) диффундируют в воде во много раз медленнее, чем, например, соли и кислоты. Кроме того, эти вещества при пересыщении растворов не кристаллизуются, а формируют студнеобразную клейкую массу. По-древнегречески клей называется “колла”, и эти “особые” вещества Грэм назвал “коллоидами”. Так появилось название науки – коллоидная химия.

На основе своих опытов Грэм выдвинул весьма смелую гипотезу о существовании в природе двух диаметрально противоположных классов химических веществ – “кристаллоидов” и “коллоидов”. Эта идея вызвала большой интерес ученых, и во второй половине XIX в. коллоидная химия стала развиваться очень быстро и плодотворно, причем основное внимание уделялось именно химическим аспектам. В эти годы были открыты многие вещества с типично коллоидными свойствами.

Однако по мере открытия новых коллоидных систем гипотеза Грэма утрачивала свою привлекательность. На смену ей пришла концепция универсальности коллоидного (дисперсного) состояния вещества. Решающую роль в ее утверждении сыграли экспериментальные работы профессора Санкт-Петербургского горного института П.П. Веймарна (1906 г.).

Концепция универсальности значительно расширила область исследований в коллоидной химии и оказала большое влияние на ее развитие. На первый план было выдвинуто понятие дисперсного состояния вещества и показана важнейшая роль поверхностных явлений. Веймарн

считал необходимым вообще отказаться от термина “коллоид” и заменить его на понятие “дисперсоид”, а коллоидную химию переименовать в дисперсоидологию – “науку о свойствах поверхностей и процессах, на них совершающихся”. Это очень близко к современной трактовке коллоидной химии как науки о дисперсном состоянии веществ с определяющим влиянием поверхностных явлений.

Новизна и оригинальность фундаментальных проблем коллоидной химии, открытие совершенно новых путей проникновения в мир молекулярных явлений на основе макроскопических исследований привлекли к новой науке многих крупнейших ученых. Лауреатами Нобелевской премии за работы по коллоидной химии стали: Р. Зигмонди (за установление гетерогенной природы коллоидных растворов и за разработанные в этой связи методы, имеющие фундаментальное значение в современной коллоидной химии, 1925 г.); Ж. Перрен (за работу по дискретной природе материи и в особенности за открытие седиментационного равновесия, 1926 г.); Т. Сведберг (за работы в области дисперсных систем, прежде всего за использование ультрацентрифуги для дисперсионного анализа, 1926 г.); И. Ленгмюр (за открытия и исследования в области химии поверхностных явлений, 1932 г.); П. де Жен (за работы в области поверхностных явлений в жидких кристаллах, 1991 г.). Такие впечатляющие успехи привели к созданию кафедр коллоидной химии во многих университетах и технологических институтах разных стран.

В России коллоидной химии большое внимание уделялось еще во второй половине XIX в. (во многом под влиянием Д.И. Менделеева). Исследования температурной зависимости поверхностного натяжения органических жидкостей (1861 г.) привели Менделеева к открытию фундаментального понятия критической температуры веществ. Менделеев высказал также идею о глубокой связи между поверхностным натяжением и другими свойствами вещества.

В начале XX в. уровень коллоидной химии в России отвечал самым высоким стандартам. Выше упоминалось

фундаментальное открытие П.П. Веймарном универсальности дисперсного состояния вещества. Эта концепция быстро получила мировое признание.

В 1913 г. была защищена первая в России магистерская диссертация по коллоидной химии. Ее автор А.В. Думанский стал впоследствии одним из крупнейших организаторов коллоидно-химических исследований и основателем “Коллоидного журнала” (1935 г.) в СССР.

К началу 30-х годов в СССР были созданы все необходимые предпосылки для преподавания коллоидной химии в высшей школе. Кафедра коллоидной химии химического факультета МГУ была создана в феврале 1933 г. Особо надо отметить, что еще задолго до этого в Московском университете было выполнено несколько замечательных исследований, вошедших в золотой фонд коллоидной химии. Назовем только три работы. В 1808 г. заслуженный профессор Московского университета Ф.Ф. Рейсс открыл электрокинетические явления в дисперсных системах – электроосмос и электрофорез. В 1851 г. профессор математики Московского университета А.Ю. Давидов опубликовал капитальную монографию “Теория капиллярных явлений”. В начале 20-х годов XX в. в МГУ началось изучение различных поверхностных явлений, и в 1922 г. профессор А.И. Бачинский предложил прекрасную корреляцию поверхностного натяжения с разностью плотностей граничащих фаз.

В 1923 г. профессор В.А. Наумов (впоследствии первый заведующий кафедрой коллоидной химии) начал читать на химическом отделении Московского университета курс коллоидной химии и стал автором первого университетского учебника по этой дисциплине.

В 1938 г. кафедру коллоидной химии возглавил чл.-кор. АН СССР А.И. Рабинович, крупный ученый в области устойчивости коллоидных систем. В предвоенные годы сотрудники кафедры создали прекрасный практикум. Вошедшие в него лабораторные работы охватывали практически все важнейшие разделы коллоидной химии того периода. Доц. И.Н. Путилова написала “Руководство к практическим занятиям по коллоидной химии” (1943 г.), которое многие годы было важнейшим учебным пособием не только в Московском университете, но и во всех других университетах и институтах, где изучалась коллоидная химия. В значительной мере именно в этот период был заложен фундамент университетской коллоидной химии. После переезда МГУ на Воробьевы горы (1953 г.) завершилось создание общего практикума (доц. К.А. Пospelова и Б.Я. Ямпольский).

С 1942 по 1972 г. кафедрой руководил чл.-кор. (с 1946 г. академик) АН СССР П.А. Ребиндер. В этот период были сформулированы основные научные принципы кафедры.

Ребиндер был блестящим лектором. Он до последнего года своей жизни читал общий курс коллоидной химии на химическом факультете. Кроме того, он регулярно читал циклы лекций по наиболее важным проблемам коллоидной химии; эти лекции собирали огромную аудиторию студентов, аспирантов, научных работников, преподавателей.

П.А. Ребиндер был одним из крупнейших химиков-коллоидников. Именно он показал значение поверхностных явлений в дисперсных (коллоидных) системах, что сыграло исключительно важную роль в развитии коллоидной химии в XX в. Ребиндеру принадлежит фундаментальная идея – использование поверхностно-активных веществ для тонкого регулирования коллоидно-химических свойств разнообразных систем (эмульсий, пен, гелей и др.)

П.А. Ребиндер открыл новое явление, которое он назвал адсорбционным понижением прочности (сейчас общепринято название “эффект Ребиндера”). В приоритетном докладе на VI съезде русских физиков в 1928 г. П.А. Ребиндер следующим образом сформулировал суть идеи: “Автор задался целью изучить влияние поверхностной энергии кристалла на его механические свойства, понижая поверхностное натяжение грани введением в окружающую среду поверхностно-активных веществ, образующих гиббс-ленгмюровские слои. Минимальное усилие для раскола кристалла по спайности уменьшается от прибавки к воде, смачивающей грань, ничтожных количеств ПАВ в 3, 4 и большее число раз”.

Ребиндер привел достаточно весомые доказательства именно адсорбционной природы понижения прочности кристаллов. Тем не менее многие ученые сочли эту идею принципиально ошибочной. С резкой критикой выступил, например, академик А.Ф. Иоффе. Оппоненты полагали, что адсорбция может влиять на прочность только тончайшего поверхностного слоя твердого тела, но никак не в состоянии влиять на механические свойства глубинных слоев кристалла. Ответы на эти возражения были получены после многолетних исследований Ребиндера и его сотрудников. Одним из итогов этих исследований является создание нового научного направления, которое в 1959 г. П.А. Ребиндер вместе с профессором Ю.В. Горюновым назвал физико-химической механикой твердых тел и дисперсных систем.

В 1958 г. акад. В.И. Спицин писал: “П.А. Ребиндер ведет большую научно-педагогическую работу по подготовке высококвалифицированных кадров исследователей: в руководимом им коллективе выросло 18 докторов наук и около 50 кандидатов наук, образующих возглавляемую им крупную научную школу”.

Глубокие идеи Ребиндера оказали огромное влияние на формирование научной тематики кафедры коллоидной

химии МГУ. В связи со 100-летием со дня рождения академика П.А. Ребиндера (3 октября 1898 г.) была проведена крупная международная конференция. Многие ее участники с чувством глубокой признательности вспоминали о его основополагающем вкладе (научном, педагогическом, человеческом) в создание современной научной школы коллоидной химии и физико-химической механики.

С 1973 по 1994 г. кафедру коллоидной химии возглавлял академик Российской академии образования (РАО), профессор Е.Д. Щукин. Под его руководством была проведена большая работа по совершенствованию преподавания коллоидной химии. Лекционный курс Е.Д. Щукина стал основой учебника “Коллоидная химия” (Е.Д. Щукин, А.В. Перцов, Е.А. Амелина; 1-е издание 1982 г., 2-е издание 1992 г.). В настоящее время подготовлено 3-е издание учебника. Успешно развивались в этот период и научные исследования. Наиболее крупные направления работ, начатые в те годы, и поныне занимают важное место в научной деятельности кафедры. В 1988 г. исследования проф. Е.Д. Щукина были отмечены Ленинской премией “За работы в области физико-химической механики”, а в 1998 г. премией имени академика П.А. Ребиндера Российской академии наук. С 1995 г. кафедрой заведует профессор Б.Д. Сумм.

В настоящее время в состав кафедры входят: лаборатория физико-химической механики (зав. лабораторией профессор А.В. Перцов) и лаборатория коллоидной химии (зав. лабораторией профессор Б.Д. Сумм). Общее число сотрудников 32 (6 докторов, 17 кандидатов).

Основное направление работ, проводимых в лаборатории физико-химической механики, связано с изучением эффекта Ребиндера. В результате доказана универсальность этого эффекта, т.е. возможность его проявления на твердых телах любой химической природы – металлах, ионных и молекулярных кристаллах, полимерах. Показано, что эффективное понижение прочности металлов вызывают металлические расплавы ионных кристаллов – расплавы солей и вода, полимеров – органические жидкости. Эти исследования в 1964 г. были признаны научным открытием: “Явление адсорбционного понижения прочности металлов под действием металлических расплавов”. Среди авторов этого открытия – сотрудники кафедры коллоидной химии (П.А. Ребиндер, Е.Д. Щукин, Ю.В. Горюнов, Н.В. Перцов).

Приведем характерный пример проявления эффекта Ребиндера. Цинк – очень прочный и пластичный металл (при комнатной температуре и выше). С большим усилием цинковую пластинку толщиной 1,5–2 мм можно согнуть, но не сломать. Однако если на середину такой же пластины нанести небольшую (несколько миллиграмм) каплю ртути или галлия, то уже при небольшом изгибе под каплей образуется трещина, которая постепенно

растет в длину и приводит в конечном итоге к разделению пластины на две части. Таким образом, ртуть или жидкий галлий делают цинк хрупким.

В лаборатории физико-химической механики изучают механизмы эффекта Ребиндера и влияние различных факторов (температуры, структурных дефектов и др.) на зарождение и развитие трещин. Значительных успехов удалось достичь в работах по использованию физико-химической механики в практических целях. Приведем лишь один пример. В лаборатории был разработан эффективный принцип обработки сверхпрочных материалов. Суть его заключается в том, что в инструмент (шлифовальный круг) вводят определенные присадки, которые во время обработки плавятся и вызывают снижение прочности шлифуемого материала. В результате значительно улучшается качество поверхности и снижаются энергетические затраты. Этот цикл исследований был отмечен в 1972 г. Ломоносовской премией.

Другое перспективное направление этой лаборатории посвящено проявлению эффекта Ребиндера в геологических системах. Было установлено, что многие процессы разрушения горных пород протекают при активном физико-химическом действии различных жидкостей (вода, магма). В результате возникло оригинальное направление на границе с химией и геологией – физико-химическая геомеханика. Работы в этой области оказались очень важными с практической точки зрения. Они были использованы, например, для решения некоторых задач сверхглубокого бурения.

Назовем еще одно новое направление этой лаборатории. В начале 80-х годов профессор Н.В. Перцов открыл новое явление “избирательное агрегирование микроорганизмов с дисперсными металлами”. Суть его состоит в том, что определенные микроорганизмы избирательно “реагируют” на мельчайшие твердые частицы, взвешенные в водной среде: притягивают их к себе и образуют сравнительно крупные агрегаты. Этот принцип позволил создать совершенно новую биотехнологию извлечения мелких частиц (золота, серебра и некоторых других веществ), которые при использовании обычной технологии терялись. Эти исследования были признаны в 1983 г. научным открытием, а в 1995 г. отмечены присуждением премии имени П.А. Ребиндера Российской академии наук.

Тематика лаборатории коллоидной химии также в значительной мере связана с развитием идей академика П.А. Ребиндера.

Одно из основных направлений этой лаборатории – коллоидная химия белковых систем – создано заслуженным профессором МГУ В.Н. Измайловой. Проведены фундаментальные исследования, способствующие пониманию процессов формирования белковых коллоидных структур. Такое понятие, как “структурно-механический барьер”, введенное на основании глубокого изучения

механизмов взаимодействия коллоидных частиц, используется в мировой литературе.

Принципы коллоидной химии белков успешно развиваются и в настоящее время (ведущий научн. сотр. Г.П. Ямпольская с сотр.). Результаты проведенных исследований находят широкое применение для охраны окружающей среды (разработана весьма эффективная технология очистки воды от белковых загрязнений) и в медицине (подбор гемосовместимых материалов, диагностика некоторых заболеваний).

Другой традиционный объект коллоидной химии – растворы поверхностно-активных веществ (ПАВ). Ст. научн. сотр. Н.М. Задымова плодотворно развивает пионерские работы доцента З.Н. Маркиной по исследованию термодинамики мицелл – агрегатов ПАВ. Мицеллы обладают рядом замечательных свойств, например, способностью аккумулировать внутри себя значительное количество органических веществ. Этот эффект называется солиubilизацией (коллоидным растворением). В 1998 г. цикл работ доцента З.Н. Маркиной и ее учеников: проф. Л.П. Паничевой (ныне декан химического факультета Тюменского государственного университета), Н.М. Задымовой и Г.А. Чировой (“Структурные превращения самоорганизующихся молекулярных ансамблей ПАВ в воде”) отмечен Международной академической издательской компанией “Наука” Дипломом за лучшую научную публикацию.

В последние 10–15 лет в коллоидной химии лавинообразно развиваются исследования нового класса “наносистем” – микроэмульсий. В этих системах микрокапли (десятки нанометров) органических жидкостей устойчиво существуют в воде. Устойчивость достигается за счет чрезвычайно резкого снижения поверхностного натяжения на границе капля–вода (до 0,01–0,001 мН/м). В свою очередь этот эффект достигается с помощью специальных композиций ПАВ. Микроэмульсии способны коллоидно растворить до 40–45% органических веществ в воде, и наоборот. Профессор В.Н. Матвеевко с сотр. разработал эффективную технологию повышения добычи нефти с помощью соответствующих “обратных микроэмульсий” и ввел на кафедре новую современную тему – коллоидные свойства жидкокристаллических систем.

Работы профессоров А.В. Перцова и Е.Д. Щукина внесли существенный вклад в теорию одного из основных коллоидно-химических явлений – самопроизвольного диспергирования.

Одно из приоритетных направлений лаборатории коллоидной химии – закономерности образования коллоидных структур (доцент Е.П. Андреева с сотр.), имеющее большое теоретическое и прикладное значение (изучение процессов твердения цемента и других минеральных вяжущих веществ). Значительный прогресс был достигнут благодаря разработке уникальной методики,

позволившей измерять с высокой точностью силы сцепления между индивидуальными дисперсными частицами. Эти фундаментальные исследования (доцент Е.А. Амелина с сотр.) легли в основу теории прочности пористых сред и коллоидных структур.

Ряд важных и интересных результатов получен при исследовании влияния адсорбции ПАВ на механические свойства коллоидных структур и различных материалов. Например, были разработаны (доцент Н.И. Иванова) методы улучшения бурения определенных горных пород.

Профессором Б.Д. Суммом с сотр. были получены оригинальные результаты при изучении кинетических закономерностей смачивания. Развита также новая представления о механизме влияния ПАВ на смачивание. Среди последних работ можно отметить открытие эффекта концентрирования ПАВ в смачивающих менисках. Благодаря этому эффекту можно обнаруживать ничтожно малые (до 10^{-9} М) концентрации некоторых ПАВ в водных растворах.

Педагогическая работа кафедры весьма многообразна. Общие курсы коллоидной химии читаются на 5 факультетах МГУ (химическом, биологическом, почвенном, геологическом, а также на факультете наук о материалах).

На химическом факультете в соответствии с учебным планом читаются “Введение в специальность”, отдельные общие курсы в специализированных группах (409–413). Студенты выполняют общий практикум по коллоидной химии. Дипломники кафедры наряду со специальным практикумом слушают также несколько специальных курсов: “Физико-химическая механика” (проф. Е.Д. Щукин), “Поверхностные явления в жидких кристаллах” (проф. В.Н. Матвеевко) и коллективный трехсеместровый курс “Современные проблемы коллоидной химии”. Этот курс постоянно обновляется и включает наиболее важные достижения и идеи современной коллоидной химии. Дипломники выполняют также специальный практикум, все задачи которого поставлены на кафедре.

На кафедре коллоидной химии всегда уделялось большое внимание подготовке дипломников. Они, как правило, достаточно быстро включаются в научную работу соответствующей группы. Некоторые дипломные работы выполняются в сотрудничестве с ведущими лабораториями институтов ИФХ РАН и отраслевых научных институтов (например, ВНИИ “Нефть”). За эти годы кафедра подготовила свыше 330 специалистов-коллоидников, более 200 кандидатов наук и 17 докторов наук.

Кафедрой организован и систематический обмен студентами с одним из университетов Франции. Аспиранты слушают специальные курсы по специализации, а также ряд курсов на других кафедрах МГУ. Выпускники кафедры работают во многих университетах России и стран

мира (Канада, Израиль, Австралия, Канада, Китай, Вьетнам, Куба, ОАР и др.).

Кафедра имеет гранты: поддержки ведущих научных школ РФ (по физико-химической механике), ряд фунда-

ментальных проектов РФФИ, участвует в интеграционной программе "Нанохимия" совместно с кафедрами физической химии и электрохимии, а также Институтом физической химии РАН, CRDF.

СПИСОК МОНОГРАФИЙ И ОБЗОРОВ СОТРУДНИКОВ КАФЕДРЫ КОЛЛОИДНОЙ ХИМИИ

1. Горюнов Ю.В., Перцов Н.В., Сумм Б.Д. Эффект Ребиндера. М., 1966.
2. Измайлова В.Н., Ребиндер П.А. Структурообразование в белковых системах. М., 1976.
3. Сумм Б.Д., Горюнов Ю.В. Физико-химические основы смачивания и растекания. М., 1976.
4. Ребиндер П.А. Избранные труды. Поверхностные явления в дисперсных системах. М., 1979.
5. Яминский В.В., Пчелин В.А., Амелина Е.А., Щукин Е.Д. Коагуляционные контакты в дисперсных системах. М., 1982.
6. Физико-химическая механика природных дисперсных систем. М., 1985
7. Матвеев В.Н., Кирсанов Е.А. Поверхностные явления в нематических жидких кристаллах. // Усп. хим. 1986. **55**.
8. Измайлова В.Н., Ямпольская Г.П., Сумм Б.Д. Поверхностные явления в белковых системах. М., 1988.
9. Матвеев В.Н. Коллоидная химия. Программы для внешкольных учреждений и общеобразовательных школ. М., 1988.
10. Лисичкин Г.В., Гольдфельд М.Г., Матвеев В.Н., Кокуева Г.Н. Концепция химического образования в средней школе. М., 1989.
11. Матвеев В.Н., Кирсанов Е.А. Поверхностные явления в жидких кристаллах. М., 1991.
12. Успехи коллоидной химии и физико-химической механики. М., 1992.
13. Матвеев В.Н., Свитова Т.Ф., Волчкова И.Л. Современные исследования в области физико-химии микроэмульсионных систем. Микроэмульсии в процессах нефтewытеснения // Журнал ВХО им. Менделеева. 1995. № 6.
14. Izmailova V.N., Yampolskaya G.P. Properties of protein interfacial Layers at Liquid-fluid interfaces / Proteins at liquid interfaces / Ed. by D.Mobius and R.Miller. N.Y., 1998.
15. Матвеев В.Н., Волчкова И.Л. и др. Словарь терминов опасных отходов. М., 1998.
16. Izmailova V.N., Yampolskaya G.P. Adsorption of protein and its role in modern technology and environmental protection // Adsorption and its applications in industry and environmental protection. Ed. by A. Dobrowski. N.Y., 1999.
17. Абрамов А.А., Матвеев В.Н., Волчкова И.Л., Рязанов И.А. Конкурсные задания по химии для абитуриентов. Казань, 1999.
18. Summ B.D., Samsonov V.M. Concepts of Rehbinder's school and modern theories of spreading // Colloids and Surfaces. 1999. N160.
19. Абрамов А.А., Анисимов А.В., Матвеев В.Н. и др. Основы организации таможенного контроля опасных отходов. М., 2000.
20. Сумм Б.Д., Иванова Н.И. Объекты и методы коллоидной химии в нанохимии // Усп. хим. 2000. **69**.

Поступила в редакцию 19.05.03