

УДК 541.183.022.547.962.3.532

## ВКЛАД Н. А. ФИГУРОВСКОГО В СОВРЕМЕННУЮ КОЛЛОИДНУЮ ХИМИЮ: ДИСПЕРСИОННЫЙ АНАЛИЗ, ИСТОРИЯ НАУКИ

Б.Д. Сумм, В.Н. Измайлова

*(кафедра коллоидной химии)*

Первая часть творческого пути профессора Н.А. Фигуровского была посвящена в основном научной деятельности в области коллоидной химии. О достижениях Николая Александровича в этой области хотелось бы напомнить в связи с его юбилеем.

В 1936 г. Н.А. Фигуровский, уже будучи доцентом Горьковского университета, поступил в Коллоидо-электрохимический институт (КЭИИ) АН СССР в докторантуру к Петру Александровичу Ребиндеру. КЭИИ, возглавляемый академиком Владимиром Александровичем Кистяковским, был в ту пору замечательным научным центром, в котором работали такие лидеры физической химии, как А.Н. Фрумкин, П.А. Ребиндер, Б.В. Дерягин, В.А. Багоцкий, В.И. Лихтман, А.Б. Таубман, Ф.Ф. Волькенштейн, О.М. Тодес, Д.П. Добычин и их ученики.

П.А. Ребиндер в то время интенсивно занимался работами, ставшими крупным достижением отечественной науки. Обнаруженный им эффект адсорбционного

понижения прочности сейчас во всей мировой научной литературе называется эффектом Ребиндера.

Одно из конкретных направлений проводимых П.А. Ребиндером работ было связано с диспергированием различных минералов, и Петр Александрович к этим исследованиям подключил Н. А. Фигуровского, в задачу которого входило определение дисперсионного состава помола различных горных пород.

Именно в этот период Николай Александрович пришел к идее создания своих знаменитых седиментметрических весов [1]. Существовавшая тогда техника соответствующих измерений никак не удовлетворяла его и однажды ему пришла в голову мысль о том, как сделать простую и вместе с тем точную и универсальную конструкцию седиментметра. Он создал эту конструкцию в течение нескольких дней, показал коллегам и поначалу был огорчен их скептической реакцией. Следует отметить, что предложить этот прибор было для Николая



Коллоидо-электрохимический институт Академии наук СССР (КЭИИ), 1940 г. Сидят (слева направо): Е.К. Венгстрем, П.А. Ребиндер; стоят: Н.А. Фигуровский (второй слева), В.И. Лихтман (третий слева)

Александровича психологически непросто, потому что одна из уже существовавших конструкций седиментометра принадлежала П.А. Ребиндеру. Последний на первых порах также отнесся к новому прибору сдержанно, но впоследствии помог Фигуровскому, и седиментометр очень быстро завоевал общее признание. Петр Александрович одобрил тему докторской диссертации Н.А. Фигуровского, которая в 1940 г. была успешно защищена. В предисловии к ней Николай Александрович написал: «Профессору Петру Александровичу Ребиндеру автор приносит глубокую благодарность за исключительно внимательное и дружеское отношение, за ценные указания и за критику». Работы Н.А. Фигуровского этого периода были обобщены в его книге «Седиментометрический анализ» [2], вышедшей двумя изданиями. Хотелось бы обратить особое внимание на оценку, данную П.А. Ребиндером этим трудам: «Оригинальная идея прибора Фигуровского оказалась настолько плодотворной, что применение прежних седиментометров стало нецелесообразным (тем самым Ребиндер отказывался от собственного, который разработал примерно 10 лет назад. – *Прим. авт.*). Преимущество седиментометрического анализа не только в простоте и применимости для разнообразных экспертных систем, но и в полноте результатов».

Почему работы Н.А. Фигуровского столь важны и актуальны до сих пор? Дисперсионный анализ, определение размеров частиц для коллоидной химии имеет исключительно важное значение: любую коллоидную систему характеризует прежде всего размер частиц. Для коллоидной химии дисперсионный анализ – то же, что анализ для химии вообще. Без знания распределения частиц по размерам нельзя анализировать процессы и явления в дисперсных системах. Поэтому не случайно проблеме дисперсионного анализа на протяжении всего развития коллоидной химии уделялось очень большое внимание и занимались ею крупнейшие ученые.

Н.А. Фигуровский много сделал для разработки седиментационных методов, основанных на измерениях в поле силы тяжести. Вариацией седиментационного анализа с заменой гравитационного поля на центробежное является анализ с помощью ультрацентрифуг. С ними работали основатель коллоидной химии в нашей стране А.В. Думанский и шведский химик Т. Сведберг, получивший за эти работы Нобелевскую премию (1926). Был развит также целый комплекс оптических методов, в создании которых участвовали известнейший английский ученый Дж. Рэлей (светорассеяние), Р. Зигмонди (создатель ультрамикроскопа), А. Эйнштейн (классические работы по молекулярно-кинетическим свойствам коллоидных систем), академик И.В. Петрянов-Соколов (разработавший мембранные, ситовые методы, фильтры), лауреаты Нобелевской премии Г. Бининг и Х. Рорер (атомно-силовая спектроскопия для определения размеров молекул и атомов).

Работы Н.А. Фигуровского в области дисперсионного анализа относятся к коллоидным системам – суспензиям и эмульсиям со сравнительно большими размерами частиц. Без информации о дисперсном составе, о распределении по размерам этого весьма важного класса коллоидных систем прогресс в этой области был бы просто

невозможен. Хотя седиментометрическим анализом занимались и прежде, решающую роль сыграла замечательная идея Н.А. Фигуровского об использовании в качестве чувствительного элемента тонкого стеклянного стержня – спица, регулируя размеры которого можно настроить прибор на самую разную точность, на самые разные интервалы размеров, начиная примерно с 0,5–1,0 мк. Чтобы метод давал необходимую информацию с высокой точностью, Николаю Александровичу пришлось выполнить большой объем работ. Для обеспечения высокой точности дисперсионного анализа необходимо определенным образом (с помощью специальных поправок) учитывать форму частиц, их размер, расстояние между частицами, размер сосуда, в котором происходит седиментация, и т.д. Необходимо также обеспечить выполнение условия ламинарности, чтобы был достаточно мал критерий Рейнольдса ( $Re < 1$ ). В работе Фигуровского были рассмотрены способы внесения нужных поправок и обеспечения требуемых условий.

Кроме того, в его диссертации была развита количественная теория седиментационного анализа, до сих пор составляющая необходимую базу для определения интегрального и дифференциального распределения частиц по размерам.

Важно также, что Н.А. Фигуровский не ограничил свою задачу только определением размеров частиц. Очерчивая круг возможностей дисперсионного анализа, Николай Александрович отмечал, что седиментация позволяет осуществлять важные процессы, например разделять фракции.

Седиментация играет важную роль во многих технологических процессах, например, в процессе очистки воды. Весьма важна роль седиментационного анализа в решении проблемы устойчивости коллоидных систем. Устойчивость, как известно, может быть агрегативной и седиментационной. Речь идет об агрегации частиц, а также об оседании (или всплывании) за счет разности плотностей дисперсной фазы и дисперсионной среды. Информация, которую можно получить с помощью простого на первый взгляд прибора Фигуровского, чрезвычайно важна и велика.

Кажущаяся простота метода Фигуровского, как и в случае некоторых других приборов, используемых в коллоидной химии, является определенным психологическим барьером, особенно в наше время, когда существует очень дорогое и сложное оборудование. Простые методы выглядят архаичными, хотя на самом деле это не так. Сошлемся на следующий важный пример. Весы, которые изобрел Нобелевский лауреат И. Лэнгмюр, чрезвычайно просты, по простоте замысла и технического оформления они похожи на весы Фигуровского. Когда Лэнгмюр впервые применил их, это вызвало едва ли не шоковую реакцию в научном сообществе. А оказалось, что информация, полученная с помощью весов Лэнгмюра, необычайно ценна, и этот прибор до сих пор успешно используется в коллоидной химии и в ряде смежных областей, например в биофизике и медицине.

Приведем несколько примеров современных исследований в области дисперсионного анализа. Один из них связан с весьма важной проблемой очистки воды от

примесей. Для ее решения применяют целую систему процессов по очистке от взвесей и разных веществ, но первым процессом (абсолютно необходимым) является почти всегда седиментация, вызываемая иногда искусственно за счет коагуляции и флокуляции [3]. Другой пример относится к медицине [4]. Хорошо известен анализ крови на скорость оседания эритроцитов, необходимый для диагностики. В результате совместных работ, проведенных кафедрой химической кинетики химического факультета МГУ с медицинскими клиниками, было показано, что седиментационные кривые (кроме того, что они резко различаются у здоровых и больных людей) имеют строго определенный вид для каждой болезни. И здесь открываются совершенно новые возможности седиментационного анализа по Фигуровскому. Его прибор настолько доступен и прост, что может быть использован для целей диагностики в самых различных условиях.

В заключение хотелось бы сказать несколько слов о другой стороне деятельности Н.А. Фигуровского, связанной с работами в области истории науки. Среди его трудов есть очень важная работа, посвященная собственно коллоидной химии. Эта работа («Развитие коллоидной химии в СССР за 50 лет (1917–1967)»), написанная совместно с П.А. Ребиндером, посвящена юбилейной дате и опубликована в коллективной монографии «Развитие физической

химии в СССР» [5]. Впоследствии она вошла в «Избранные труды» П.А. Ребиндера [6]. Когда это издание готовилось к публикации, редколлегия приходилось отбирать работы из очень большого числа статей. Совместная с Н.А. Фигуровским работа была одной из немногих, за опубликование которой выступила единодушно вся редколлегия. Эта статья является на сегодняшний день едва ли не единственным серьезным, глубоким и в хорошем смысле популярным исследованием развития коллоидной химии. В ней тщательно проанализированы истоки возникновения коллоидной химии в нашей стране, показано, как глубоко связан послереволюционный период развития коллоидной химии с первыми двумя десятилетиями XX в. В статье отмечены труды российских ученых, много сделавших для развития коллоидной химии, например петербургского химика Веймарна, обосновавшего в 1906 г. принцип универсальности коллоидного состояния.

На фоне того огромного вклада, который внес Н.А. Фигуровский в создание истории химии как науки и учебной дисциплины, может показаться, что его достижения в области коллоидной химии не очень велики, однако это не так. Работы Н.А. Фигуровского сохранили свою важность и актуальность до нашего времени, и имя Николая Александровича имеет полное право быть отнесенным к именам классиков коллоидной химии.

Работа выполнена при поддержке гранта 00-15-97428 («Ведущие научные школы РФ»)

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Богатова Т.В., Ланишина Л.В. Академик Петр Александрович Ребиндер. К 100-летию со дня рождения. М., 1998. С. 102.
2. Фигуровский Н.А. Седиментометрический анализ / Под ред. П.А.Ребиндера. М.; Л., 1948. С. 332.
3. Кульский Л.А. Теоретические основы и технология кондиционирования воды. Киев, 1980. С. 556.
4. Кондаков С.Э., Розенталь В.М. Биосенсорные свойства крови Современная химическая физика. XIII Симпозиум. 2001 г. С. 64.
5. Фигуровский Н.А., Ребиндер П.А. Развитие физической химии в СССР. М., 1967.
6. Ребиндер П.А. Избранные труды. Поверхностные явления в дисперсных системах. Коллоидная химия. М., 1978. С. 121.

Поступила в редакцию 30.12.01