

Редколлегия продолжает публикацию серии статей-обзоров ведущих химиков страны, специалистов в той или иной области химических знаний. Предлагаемая Читателю статья принадлежит перу известного ученого сформировавшейся в середине XX века в ИОНХ АН УССР коллоидной школы А.В. Думанского — Ф.Д. Овчаренко члена-корреспондента НАН Украины Ю.И. Тарасевича. Хотя сам обзор "Становление и перспективы развития коллоидной химии в Украине" выходит за рамки своего названия и по географии (включены представители не только Украины), и по предметности (излишнее включение металлических расплавов, кристаллографии, ионного обмена и т.п.), и по взаимоотношению научных дисциплин (их приоритетность не имеет никакого отношения к самой Природе и истинной науке), можно однозначно утверждать о достаточной полноте обзора, высоком профессионализме и объективности автора, а главное — о предсказательности и прогнозировании будущего развития коллоидной химии.

УДК 544.77

Ю.И. Тарасевич

СТАНОВЛЕНИЕ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ КОЛЛОИДНОЙ ХИМИИ В УКРАИНЕ

Рассмотрена роль ученых Украины в становлении и развитии коллоидно-химической науки. Показан весомый вклад украинских ученых в создание современной коллоидной химии. Очерчены первоочередные ее задачи на ближайшие годы. Критически проанализировано взаимоотношение коллоидной химии со смежными дисциплинами — физико-химической механикой, мембранной химией, физикохимией высокомолекулярных соединений, нанохимией.

Современная коллоидная химия — это крупная область химической науки, изучающая процессы образования и разрушения дисперсных систем, свойства веществ в дисперсном состоянии и поверхностные явления в дисперсных системах [1, 2]. В сферу интересов коллоидной химии входят истинные коллоидные ультрамикрорегетерогенные системы с размером частиц 10^{-7} — 10^{-5} см, микрогетерогенные (размер частиц 10^{-5} — 10^{-3} см) и грубодисперсные (размер частиц превышает 10^{-3} см) системы [2].

Возникновение коллоидной химии как науки принято связывать (см., например, [3, 4]) с исследованиями английского ученого Т. Грэма, выполненными в 1861 году [5]. Он предложил делить растворенные вещества на коллоиды и кристаллоиды главным образом по признаку их способности (кристаллоиды) или неспособности (коллоиды) проникать через растительные и животные мембраны. Т. Грэму принадлежит и сам термин "коллоид" от греческого слова колла — клей.

Наш соотечественник профессор Киевского

университета И.Г. Борщов несколько лет спустя после публикаций Т. Грэма указал на всеобщность коллоидного состояния как высокодисперсного состояния данного вещества в окружающей среде [6]. В противоположность взглядам Т. Грэма он продемонстрировал возможность существования одного и того же вещества в виде кристаллоида или коллоида, переход вещества из одного состояния в другое. Это важное положение окончательно закрепилось в науке после выхода в свет в 1910 году первой монографии по коллоидной химии [7] лауреата Нобелевской премии по химии (1909 г.) В. Оствальда [8, 9]. В последующих работах (см., например, [10]) этот знаменитый немецкий ученый более обстоятельно рассмотрел физико-химические свойства коллоидов в зависимости от их дисперсности.

Таким образом, И.Г. Борщов впервые четко указал на универсальность коллоидного состояния как высокодисперсного состояния данного тела (фазы) в окружающей среде. Он же первый отметил наличие у частиц коллоидов

связанной воды, причем в местах контакта частиц друг с другом толщина водных оболочек меньше, чем в местах, где такие контакты отсутствуют. Что касается диффузии коллоидных частиц, то И.Г. Борщов пришел к выводу об обратной пропорциональности между размером коллоидных частиц и скоростью их диффузии, тем самым в качественной форме предвосхитив известное уравнение Эйнштейна-Смолуховского [1, 3, 11], связывающего квадрат смещения коллоидных частиц с их радиусом и вязкостью дисперсионной среды.

Следовательно, И.Г. Борщов своей работой предвосхитил будущее коллоидной химии как науки о дисперсных системах и поверхностных явлениях и вместе с Т. Грэмом по праву считается основоположником коллоидной химии.

Отечественный физик Ф.Н. Шведов, с 1870 года — профессор, а в 1895–1903 гг. — ректор Новороссийского университета в Одессе [12], начиная с 1890 года [13] опубликовал серию статей, в которых изучил развитие деформации сдвига в структурированных коллоидных системах. Эти работы привели к возникновению реологии — науки о деформациях и течении в структурированных системах. Работы Ф.Н. Шведова не устарели и сегодня. Во всех серьезных учебниках по коллоидной химии (см., например, [1, 14]) рассматривается реологическая модель Шведова – Максвелла, эластовискозиметр Шведова с узким зазором между коаксиальными цилиндрами до сих пор используется в реологических исследованиях коллоидных дисперсий. Более подробные сведения о работах Ф.Н. Шведова можно найти в библиографическом очерке [15].

Первые два десятилетия 20-го века были важным этапом в становлении теоретических и экспериментальных основ коллоидной химии. Прежде всего, усилиями А. Эйнштейна и польского физика М. Смолуховского была создана молекулярно-кинетическая теория броуновского движения и диффузии коллоидных частиц [11]. Работая во Львовском университете с 1898 по 1913 год в качестве профессора (с 1902 г.) теоретической физики, М. Смолуховский [12], кроме того, развил теории электроосмоса, быстрой коагуляции, электровязкостного эффекта в коллоидных системах (см. [16–18]).

Французский ученый Ж.Б. Перрен [9] на основе тщательных микроскопических исследований смещения частиц в суспензиях гуммигута [19, 20] экспериментально подтвердил пра-

вильность теории Эйнштейна – Смолуховского.

Изобретение в 1903 году австрийским ученым Р. Зигмонди [9] совместно с Г. Зидентопфом щелевого ультрамикроскопа [21, 22], а шведским исследователем Т. Сведбергом [9] в 1923 году ультрацентрифуги [24, 25] создало экспериментальную базу для широкого изучения дисперсности коллоидных систем. Американский физико-химик И. Ленгмюр [9] в 1916 году создал первую количественную теорию мономолекулярной адсорбции [26, 27], которая сыграла важную роль при изучении сорбционных явлений в коллоидных системах.

Ж. Перрен, Р. Зигмонди, Т. Сведберг, И. Ленгмюр за выдающийся вклад в изучение дисперсных систем и поверхностных явлений были удостоены Нобелевской премии по физике и химии [9].

Украинские ученые в начале XX столетия также внесли весомый вклад в коллоидную химию. Отец отечественной коллоидной химии, академик АН УССР с 1945 года, А.В. Думанский первым в мире применил центробежную силу для осаждения высокодисперсных частиц и высказал идею о возможности определения таким образом их размеров [28]. Т. Сведберг в своих исследованиях ссылался (см., например, [29]) на пионерские работы А.В. Думанского по применению искусственного центробежного поля в коллоидно-химических экспериментах.

Преподаватель Варшавского университета, украинец по происхождению, М.С. Цвет [30, 31] в 1903 году открыл явление хроматографии [32, 33]. Этот метод в настоящее время стал одним из основных для анализа, концентрирования и разделения веществ.

В 1908 году преподаватель Киевского университета Б.А. Шишковский выполнил прецизионные измерения поверхностного натяжения растворов карбоновых кислот и предложил уравнение [34], хорошо описывающее полученные им результаты. Как показали последующие работы других ученых (см., например, [35]), найденная Б.А. Шишковским зависимость является фактически изотермой адсорбции Ленгмюра для случая адсорбции ПАВ на границе раздела жидкость—газ. Уравнение Шишковского вошло во все учебники и монографии по коллоидной химии [1–3] и активно используется исследователями и в настоящее время.

Родившийся и выросший в Украине, получивший образование вначале в Ришельевской гимназии, а затем в Новороссийском универси-

тете, сформировавшийся в нем как серьезный ученый, академик Н.Д. Зелинский [36] в 1915 году в Петербурге изобрел угольный противогаз, разработал метод активации древесного угля для повышения его адсорбционных свойств, приложил массу усилий для широкого использования своего изобретения в русской армии [37]. Противогаз Н.Д. Зелинского позволил сохранить жизнь тысячам военнослужащих во время первой мировой войны.

Работы по улучшению свойств угольных адсорбентов, усовершенствованию адсорбционной техники и ее применению в противогазовой защите в 30–40-е годы XX столетия продолжил выдающийся русский ученый академик М.М. Дубинин [38–40], много сделавший для развития адсорбционной науки в Украине.

Весомый вклад в электрохимию коллоидных систем внес академик А.Н. Фрумкин, окончивший в 1915 году физико-математический факультет Новороссийского университета и затем в течение семи лет занимавшийся в нем научной работой [41]. В монографии, опубликованной в Одессе в 1919 году, А.Н. Фрумкин показал важность адсорбции ионов и воды на электроде для объяснения электрокапиллярных явлений [42]. Несколько позже он модифицировал уравнение Шишковского – Ленгмюра для учета взаимодействия адсорбированных молекул ПАВ друг с другом на границе раздела жидкость–газ [43].

Один из основателей и руководителей Новосовской сельскохозяйственной опытной станции (1913–1928 гг., Черниговская область) академик АН СССР и АН УССР К.К. Гедройц в 20-е годы XX столетия выполнил фундаментальные исследования по ионообменной способности почв, заложив научные основы их коллоидно-химической природы [44].

Важными объектами коллоидной химии являются дисперсные силикаты — кремнеземы, глинистые минералы, цеолиты. Проявление коллоидно-химических свойств их дисперсий обусловлено первичной структурой частиц этих минералов [45]. Поэтому непреходящую ценность имеют работы первого президента Академии наук Украины академика АН СССР и АН УССР В.И. Вернадского о кислотной роли глинозема в алюмосиликатах, побочной "четвертой валентности" (четверной координации) алюминия в силикатах, знаменитом "каолиновом ядре" [46–48]. Эти работы В.И. Вернадского оказали существенное влияние на исследования,

посвященные рентгенографической расшифровке структур алюмосиликатов на начальном этапе развития рентгеноструктурного анализа [49].

Идеи В.И. Вернадского во многом реализовал выдающийся кристаллограф академик Н.В. Белов [50, 51], проведенный годы детства, юношества и возмужания в Украине [52], в послевоенные годы активно поддерживавший минералогическую школу во Львове (см., например, [53]), возглавляемую академиком АН УССР Е.К. Лазаренко.

Важным событием в становлении коллоидной химии в Украине была публикация первой отечественной монографии по коллоидной химии А.В. Думанского "Дисперсность и коллоидное состояние вещества" [22]. В ней большое внимание уделено вопросам стабильности дисперсных систем и влиянию различных факторов, определяющих их коагуляцию.

Известным русским ученым Н.П. Песковым был уточнен ряд основных положений коллоидной химии. В 30-е годы XX столетия он сформулировал признаки объектов коллоидной химии — гетерогенность и дисперсность, ввел понятие о кинетической (седиментационной) и агрегативной устойчивости дисперсных систем [54, 55]. Работы Н.П. Пескова также, как и А.В. Думанского, вошли во все современные учебники по коллоидной химии [1–3, 14].

Одним из самых больших достижений теоретической коллоидной химии является создание в 1937–1941 гг. выдающимися учеными академиками Б.В. Дерягиным и Л.Д. Ландау (лауреат Нобелевской премии, 1962 г., заведующий теоретическим отделом Харьковского физико-технического института АН УССР, 1932–1937 гг. [9, 12]), а позже независимо голландскими исследователями Е. Фервеем и Дж. Овербеком теории устойчивости гидрофобных коллоидов [56–58], получившей название теории ДЛФО. Вытекающие из этой теории количественные критерии устойчивости гидрозолей позволили объяснить правило Шульце – Гарди (1887–1900 гг.) [1–3, 59], согласно которому коагулирующие концентрации одно-, двух- и трехзарядных ионов могут быть приближенно выражены соотношением 1:0.016:0.0015. Соответственно, обратные величины, получившие название коагулирующей способности, образуют ряд чисел 1:60:700, приблизительно пропорциональных шестой степени валентности коагулирующего иона.

Позже Н.В. Чураевым и Б.В. Дерягиным [60, 61] была развита обобщенная теория ДЛФО,

которая, наряду с силами молекулярного притяжения и электростатического отталкивания, включала также силы структурного отталкивания между коллоидными частицами.

Введение в теорию ДЛФО структурных сил было связано с многочисленными данными об образовании вокруг коллоидных частиц гидратных оболочек, которые по свойствам отличаются от объемной воды. Большая заслуга в изучении адсорбционно-гидратных слоев вокруг коллоидных частиц принадлежит Киевской школе ученых-коллоидников — академику АН УССР А.В. Думанскому и его ученикам, прежде всего, академику АН УССР Ф.Д. Овчаренко, члену-корреспонденту АН УССР О.Д. Куриленко, кандидату химических наук Е.Ф. Некрячу. В своих трудах [62—64] они разработали учение о лиофильности дисперсных систем, изучили свойства связанной воды, показали важную роль водородной связи при взаимодействии воды с гидрофильной поверхностью.

В 50-е годы прошлого столетия А.В. Думанский и его ученики в Институте общей и неорганической химии (ИОНХ) АН УССР начали активно использовать метод теплот смачивания для оценки энергетики взаимодействия воды с различными дисперсными материалами — целлюлозой, желатиной, крахмалом, глинами [62, 63, 65]. Было предложено и получило довольно широкое распространение отношение $Q/A=80$ кал/г или 6050 Дж/моль, где Q — суммарная интегральная теплота смачивания, A — количество связанной дисперсным материалом воды. Это соотношение было названо правилом А.В. Думанского.

Известные американские специалисты в области термохимии смачивания Дж. Чессик и А. Цетлмейер [66] правильно указали, что величина 80 кал/г является по существу интегральной энергией адсорбции для данного количества воды и ее нельзя использовать для оценки энергии взаимодействия первых молекул воды с функциональными группами исследуемых материалов.

В работе [67] было показано, что правило А.В. Думанского применимо для многих дисперсных материалов, с гидрофильными центрами которых молекулы воды взаимодействуют с образованием водородной связи (силикагель, целлюлоза, крахмал и др.). Однако правило А.В. Думанского неприменимо для дисперсных материалов, активными центрами которых являются обменные катионы (цеолиты, вермику-

лит) или координационно ненасыщенные катионы (палыгорскит). Отношение Q/A предложено рассматривать как меру гидрофильности дисперсных материалов.

Важным является то, что А.В. Думанский и его ученики в Украине, наряду с А. Цетлмейером в США, положили начало термохимическому методу изучения взаимодействия различных жидкостей с поверхностью дисперсных твердых тел. Талантливый ученик А.В. Думанского Е.Ф. Некряч один из первых в мировой практике применил калориметрический метод для изучения теплот ионного обмена и чисел гидратации обменных катионов в органических катионитах [68, 69]. Судя по цитированию этих работ в статьях современных авторов [70, 71], они не потеряли своей значимости и в настоящее время.

Традиционным объектом в коллоидно-химических исследованиях является кремнезем. Это естественно, так как силикагели, полученные конденсационным методом из пересыщенных водных растворов поликремневых кислот, представляют собой дисперсные структуры, состоящие из сросшихся глобулярных частиц.

Обзор первых работ по коллоидной химии дисперсных кремнезёмов, начиная со второй половины XVIII века и захватывая начало XX столетия, дан в специальной книге [72]. Исследования в области синтеза и изучения кремнезёмов всегда были приоритетными в Украине. В начале 30-х годов XX столетия сотрудник, позже профессор Института физической химии АН УССР, М.В. Поляков выполнил фундаментальные исследования по формированию пористой структуры силикагелей в присутствии паров органических веществ — бензола, толуола, ксилола — и изучению адсорбционных свойств таких сорбентов [73, 74]. Это позволило ему обнаружить эффект памяти (запоминания), который заключается в повышенной избирательности сорбентов и ионообменников к молекулам и ионам, в присутствии которых формировалась их структура. В послевоенные годы результаты М.В. Полякова получили подтверждение, и исследования эффекта памяти были продолжены в Институте физической химии (ИФХ) АН УССР, например, [75]). Таким образом, М.В. Поляков и его последователи предвосхитили активно развивающееся сейчас в передовых лабораториях мира, в том числе и лабораториях Украины (см., например, [76]), направление темплатного синтеза селективных адсорбентов

и катализаторов. Краткий обзор этих перспективных исследований, выполненных украинскими учеными, дан в работах [77, 78].

Профессор И.Е. Неймарк в ИФХ АН УССР разработал коллоидно-химические основы получения силикагелей и других неорганических сорбентов с заданной пористой структурой. В его лаборатории впервые в Украине и бывшем СССР синтезированы различные цеолиты, смешанные цеолитоксидные системы (М.А. Пионтовская), кремнийорганические сорбенты (И.Б. Слиякова). Эти исследования обобщены в монографиях [79—82]. При активном участии И.Е. Неймарка и его учеников в Украине освоено промышленное производство различных разновидностей непористых кремнеземов — аэросилов.

Успехи в области изучения аэросилов и других дисперсных оксидов послужили основанием для организации в 1986 году Института химии поверхности АН УССР (директор — академик АН УССР А.А. Чуйко). Исследования сотрудников этого института по химии поверхности кремнезема и других оксидов освещены в коллективных монографиях [83, 84]. Наиболее значимые работы по химии поверхности и химическому модифицированию твердых тел, выполненные в научных учреждениях Украины, включая и Институт химии поверхности НАНУ, проанализированы в обзоре [78].

Параллельно с адсорбционными исследованиями в Украине развивались работы по ионному обмену. После К.К. Гедройца [44] пионером в этой области считается харьковский ученый и педагог, член-корреспондент АН УССР Н.А. Измайлов. Его подход к ионитам как к высокомолекулярным полиэлектролитам [85] получил всеобщее признание.

Большой вклад в электрохимию угольных адсорбентов и ионообменников внес известный киевский ученый и педагог Д.Н. Стражеско. Он развил электрохимическую теорию сорбции ионов активными углями [86], совместно с И.А. Тарковской и другими сотрудниками [87, 88] разработал методы получения окисленных углей, изучил их ионообменные свойства, доказал перспективность применения этих материалов для глубокой очистки различных веществ и концентрирования микропримесей. Д.Н. Стражеско с сотрудниками изучил обмен катионов на кремнеземе в кислой области (рН 2–5), что послужило основой практического применения силикагеля в радиохимии [89]. В области высоких значений рН ≥ 9 было обнаружено обращение

ряда сорбируемости катионов щелочных металлов на силикагеле: $\text{Li}^+ > \text{Na}^+ > \text{K}^+$ [89].

В лаборатории Д.Н. Стражеско по инициативе В.В. Стрелко, ныне академика НАН Украины, были начаты важные работы по применению активных углей в качестве гемосорбентов [90]. Достижения в области получения и применения углеродных гемосорбентов и других дисперсных материалов послужили основанием для организации в 1991 году Института сорбции и проблем эндозкологии НАН Украины (директор — академик НАНУ В.В. Стрелко). Исследования сотрудников этого института по получению синтетических углеродных сорбентов медицинского назначения, разработке коллоидно-химических основ синтеза селективных неорганических ионообменников на основе фосфатов циркония и титана кратко освещены в публикациях [78, 91].

Запросы наукоемких отраслей промышленности, таких, как атомная энергетика, получение и концентрирование цветных и благородных металлов и др., потребовали от исследователей создания новых типов органических ионообменных смол, обладающих высокой селективностью к ионам различных металлов. Так были созданы хелатообразующие ионообменники. Одним из первых, кто активно начал заниматься их получением и практическим применением, был киевский исследователь В.Г. Синявский [92, 93]. Приоритетный характер работ В.Г. Синявского подтвержден известными специалистами в области синтеза и применения хелатных ионообменников (см., например, [94]).

В 60—80-е годы прошлого столетия в Украине новый импульс получили исследования в области классических разделов коллоидной химии — получение коллоидных систем, теория устойчивости гидрофобных коллоидов, свойства двойного электрического слоя коллоидных частиц, структура и свойства адсорбционных сольватных слоев и другие.

В ИОНХ, а позже в Институте коллоидной химии и химии воды (ИКХХВ) АН УССР профессор Э.М. Натансон разработал методы получения коллоидных металлов, предложил методы их стабилизации в органических средах [95]. В дальнейшем Э.М. Натансон с сотрудниками (см., например, [96]) развил новое научное направление, связанное с получением, изучением свойств и практическим применением металлополимеров. Для создания эффективных электрофоретических защитных покрытий это на-

правление продолжили профессора Ю.Ф. Дейнега и З.Р. Ульберг [97, 98]. Ученики Э.М. Натансона доктора наук Ю.И. Химченко, Т.М. Швец и их сотрудники успешно занимались практическим применением органозолей коллоидных металлов и металлополимеров, в частности для получения сверхпроводящих композиций [99], постоянных магнитов, медицинских препаратов [100].

Известный ученый и педагог профессор Киевского университета М.В. Товбин разработал методы получения льдообразующих веществ AgI , PbI_2 , CuS с регулируемым количеством на их поверхности гидрофильных и гидрофобных участков, изучил свойства адсорбированной на таких поверхностях воды и предложил механизм льдообразующего действия этих солей [101]. М.В. Товбин почти одновременно с американским ученым А. Цетлмойером [102] обратил внимание на важность исследований адсорбции воды на гидрофильно-гидрофобных и гидрофобных адсорбентах. Позже в ИКХХВ автором этой статьи совместно с И.Г. Поляковой и В.Е. Поляковым был проведен комплекс исследований по адсорбции воды на гидрофильных, гидрофильно-гидрофобных и гидрофобных поверхностях твердых тел (см., например, [103]). В результате этих исследований были предложены критериальные значения краевого угла смачивания, удельной теплоты смачивания и поверхностного давления адсорбированной водной пленки, разделяющие гидрофильные и гидрофобные поверхности непористых твердых тел, объяснено изменение знака раскливающего давления (по Б.В. Дерягину) в теории ДЛФО при переходе от гидрофильных к гидрофобным поверхностям.

В Киевском технологическом институте легкой промышленности профессор Ю.М. Глазман совместно с сотрудниками показал, что при коагуляции лиофобных коллоидов электролитами наряду с концентрационным механизмом существенное влияние оказывают различные адсорбционные явления [104]; он один из первых в мировой практике начал изучать влияние водорастворимых полимеров на устойчивость лиофобных коллоидов [105]. Позже эти работы продолжил А.А. Баран [106] в ИКХХВ.

В этом же институте профессор С.С. Духин выполнил комплекс теоретических исследований свойств двойного электрического слоя коллоидных частиц и электрокинетических явлений. Эти работы обобщены в ряде моногра-

фий (см., например, [107,108]). Более подробно научный вклад С.С. Духина в теорию электрических явлений в дисперсных системах рассмотрен в специальной статье [109].

Профессор Ю.Ф. Дейнега, вначале в ИОНХ, а затем в ИКХХВ, выполнил цикл интересных диэлектрических, электрокинетических, электро-реологических исследований дисперсных систем, рассмотрел образование мицеллярных сегнетоэлектриков, повышение и снижение вязкости дисперсных систем в электрических полях, выяснил особенности поляризации гидратированных фаз в углеводородной среде [110, 111].

В Институте проблем материаловедения АН УССР академика АН УССР В.Н. Еременко и Ю.В. Найдич с сотрудниками разработали методики и аппаратуру для исследования поверхностных свойств металлических расплавов и смачиваемости ими твердых тел [112, 113]. С помощью этой аппаратуры они выполнили прецизионные исследования смачиваемости расплавами различных твердых тел, оценили межфазные термодинамические характеристики на границе раздела расплав—поверхность твердого тела, а полученные результаты успешно применили для регулирования адгезии в технических важных системах [114].

Успешно развивались исследования украинских ученых в области коллоидной химии ПАВ. Инициатором этих работ был А.В. Думанский. Его ученик доктор химических наук П.А. Демченко, в 80—90-е годы прошлого столетия работавший в отделении нефтехимии Института физико-органической химии АН УССР, синтезировал новые типы ПАВ, изучил коллоидно-химические характеристики различных ПАВ в зависимости от их строения (см., например, [115]). В этом же научном учреждении доктор химических наук О.Л. Главати разработал и изучил коллоидно-химические свойства ряда диспергирующих присадок к техническим маслам [116].

Доктор технических наук Ю.Л. Ищук во ВНИИПКНефтехим (Киев) разработал эффективные рецептуры и технологии получения пластичных смазок на масляной основе с применением целого ряда загустителей, включая и органозамещенные слоистые силикаты [117]. Последними активно занималась в ИОНХ, а затем в ИКХХВ кандидат химических наук Н.В. Вдовенко (см., например, [118]). Сотрудники отдела адсорбции ИКХХВ кандидаты наук С.В. Бондаренко и А.И. Жукова совместно с представителями ВНИИПКНефтехим А.Е. Мыса-

ком и Ю.Г. Никуличевым на основе цетилпиридиниевого монтмориллонита разработали метод и технологию получения эффективного сорбента Бентон-80 для хроматографического разделения изомеров ксилола, крезола, хлорпроизводных толуола и других веществ с близкими температурами кипения [119, 120].

В ИКХХВ кандидат химических наук А.А. Панасевич выполнил цикл интересных исследований по адсорбции неионогенных ПАВ и водорастворимых полимеров на различных глинистых минералах (см., например, [112]). Эти работы послужили научным фундаментом создания безотходной технологии очистки пластиковых вод от неионогенных ПАВ [121, 122].

Профессор Н.А. Клименко в ИКХХВ изучила адсорбцию и ассоциацию молекул ПАВ различных типов на углеродной поверхности и продемонстрировала аномальные различия в статической и динамической емкостях адсорбента по отношению к молекулам ПАВ [123].

В Черновицком университете профессор В.П. Денисенко и кандидат химических наук В.П. Руди синтезировали двучетвертичные аммониевые соли, изучили их свойства (см., например, [124]) и применили их в фармацевтической практике для приготовления мазей и эмульсий. Двучетвертичные аммониевые соли, наряду с другими ПАВ, удачно применил профессор В.Ю. Третинник в ИКХХВ для регулирования реологических свойств глинистых суспензий [125].

Профессор А.И. Юрженко, будучи одним из пионеров создания метода эмульсионной полимеризации [126], продолжил свои работы в этой области в Одесском университете [127]. Это направление оказалось очень перспективным, так как, начиная с 60-х годов прошлого столетия, эмульсионная полимеризация стала наиболее распространенным промышленным способом получения полимеров [128]. Профессора этого же университета Л.Д. Скрылев и В.Ф. Сазонова развили коллоидно-химические основы флотационного выделения различных веществ из их разбавленных эмульсий [129, 130].

Доктор химических наук Н.Н. Рулев в ИКХХВ предложил и реализовал на практике прогрессивный метод микрофлотации [131]. Группа исследователей с участием автора этой статьи разработала вариант флотации для очистки воды от эмульгированных нефтепродуктов с применением в качестве вспомогательного вещества гидрофобного перлита [132], научные основы и технология получения которого были

разработаны коллективными усилиями ученых КПИ (член-корреспондент АН УССР А.А. Пашенко, профессора А.А. Крупа и В.А. Свидерский) и ИКХХВ (член-корреспондент НАНУ Ю.И. Тарасевич) [133].

Во Львовском университете профессора М.Н. Солтыс и З.М. Яремко выполнили цикл исследований (см., например, [134, 135]) по стабилизации технически важных дисперсий сульфида цинка, диоксида титана и других водорастворимыми полимерами.

После появления работ [63, 136] в отечественной литературе сформировалось представление о том, что тепловой эффект смачивания гидрофильных материалов определяется главным образом взаимодействием с их поверхностью только первого молекулярного слоя воды. Между тем, В. Гаркинс и Г. Юра еще в 1944 году показали, что на поверхности анатаза с тепловым эффектом адсорбируются пять молекулярных слоев воды, причем на долю первого слоя приходится примерно 77 % суммарного теплового эффекта [137]. В ИКХХВ автор и доктор химических наук А.О. Оразмурадов выполнили термодимические исследования взаимодействия воды с поверхностью различных слоистых силикатов (см., например, [138]), в которых были зафиксированы тепловые эффекты при адсорбции четырех молекулярных слоев воды. Из них на долю первого слоя приходилось 52—65 % суммарной интегральной теплоты смачивания в зависимости от рода обменного катиона, введенного предварительно в минеральный ионообменник. На основании комплексных адсорбционных, термодимических, рентгеновских, спектральных исследований был развит подход к адсорбции молекул воды и других полярных веществ на слоистых силикатах как к образованию поверхностных координационных соединений. Эти исследования обобщены в монографиях [67, 139].

Исследованию гидратации обменных катионов в синтетических катионитах методом ЯМР посвящены выполненные в ИКХХВ работы доктора химических наук В.В. Манка и члена-корреспондента АН УССР О.Д. Куриленко [140].

В Днепропетровском химико-технологическом университете профессор Е.А. Нечаев разработал теорию хемосорбции органических молекул на полярных адсорбентах, показал определяющую роль в хемосорбции потенциала ионизации молекул [141]. В ИКХХВ академик НАНУ В.В. Гончарук и член-корреспондент

НАНУ Б.Ю. Корнилович изучили активные центры на поверхности ряда оксидов, силикатов, карбонатов в связи с проблемами гетерогенного катализа [142] и радиохимии [143].

В этом же институте талантливый исследователь кандидат химических наук В.Я. Побережный, к сожалению, безвременно ушедший из жизни в расцвете творческих сил, развил теорию А.Н. Фрумкина адсорбции ПАВ на границе раздела газ—жидкость для случая многокомпонентных смесей ПАВ и в рамках модели неидеального многокомпонентного адсорбционного слоя молекулярно-статистическим методом вывел обобщенное уравнение адсорбции [144]. В дальнейшем В.Я. Побережный в рамках квазитермодинамики (микроскопической термодинамики) переходного слоя в однокомпонентной системе Оно—Кондо [145] развил квазитермодинамику многокомпонентных систем, получил соответствующие выражения для поверхностного натяжения, других термодинамических функций поверхностного слоя [146]. Нарботки В.Я. Побережного до сих пор используют сотрудники ИКХХВ [147].

Большое значение для развития реологии глинистых дисперсий имели работы профессора Н.Н. Круглицкого в ИОНХ, а затем в ИКХХВ. Для управления процессами структурообразования в дисперсиях он предложил комплекс химических и физических воздействий. Это позволило существенным образом изменять силы сцепления между дисперсными частицами, характер их агрегации и, в конечном счете, реологическое поведение дисперсной системы в целом. Результаты своих исследований Н.Н. Круглицкий обобщил в целом ряде монографий (см., например, [143]) и многочисленных статьях. Большим достижением этого ученого явилось создание термосолеустойчивых буровых растворов на основе глинистого минерала палыгорскита [149]. Он инициировал исследования доктора технических наук А.С. Макарова по разработке рациональной технологии транспортировки водо-угольных суспензий по трубопроводам на большие расстояния [150].

Свои работы Н.Н. Круглицкий публиковал с позиций физико-химической механики твердых тел и дисперсных систем — области знания, предложенной и пропагандируемой академиком П.А. Ребиндером и его школой [1, 151]. Изучение структурообразования в дисперсных системах является одной из центральных задач физико-химической механики (ФХМ). В ос-

нове ФХМ структурообразования в дисперсных системах лежит реология — наука о деформации и течении материальных систем, а именно, ее раздел, связанный с деформацией и течением дисперсий, который изначально являлся неотъемлемой частью коллоидной химии.

Классическая реология относится, однако, к феноменологической области знания, в которой материя рассматривается как сплошная среда и не затрагивается природа контактов между частицами и характер взаимодействия дисперсной фазы с дисперсионной средой. Видные представители реологической науки понимали необходимость введения в нее дополнительных разделов, связанных с атомно-молекулярным подходом к изучению деформации, и даже предлагали обновленные названия реологии, такие, как метареология [152], хемореология [153], реокология [154].

В ФХМ структурообразования конкретизированы типы контактов между частицами в дисперсиях — коагуляционные и фазовые [1, 151], то есть феноменологический раздел реологии дополнен рассмотрением природы взаимодействия частиц в дисперсиях между собой и с молекулами дисперсионной среды (см. подробнее [155]). Это был, безусловно, своевременный шаг П.А. Ребиндера, поскольку современная коллоидная химия рассматривается как наука о поверхностных явлениях и дисперсных системах. Поэтому классический раздел реологии дисперсных систем необходимо было дополнить рассмотрением сил взаимодействия в дисперсиях на атомно-молекулярном уровне.

Второе направление ФХМ — изучение влияния среды на процессы деформации и разрушения твердых тел, что важно, например, для получения коллоидных систем методами диспергирования. Последние ФХМ рассматривает как сложные физико-химико-механические процессы разрыва межатомных или межмолекулярных связей (см. более подробно [156]), то есть привлекает для более глубокого понимания процессов диспергирования атомно-молекулярный подход, что вполне естественно для коллоидной химии, если ее рассматривать как науку о поверхностных явлениях и дисперсных системах.

Что касается третьего направления ФХМ, связанного с технологией дисперсных систем и материалов [151], то оно во многом дублирует коллоидно-химическое материаловедение — направление, получившее широкое распростра-

нение в трудах украинских ученых (см., например, [157]).

Таким образом, физико-химическую механику и ее ответвление — физико-химическую геомеханику [158] следует рассматривать не как отдельную научную дисциплину, а как составную часть, раздел коллоидной химии. Именно так рекомендует рассматривать физико-химическую механику известный специалист в области коллоидной химии и термодинамики профессор Ю.Г. Фролов [159]. Между тем, научные советы АН СССР и АН УССР, а теперь и РАН, назывались и называются научными советами по коллоидной химии и физико-химической механике. Под таким же названием проходили и проходят научные конференции (см., например, [160]). Союз "и" предполагает рассмотрение физико-химической механики как равноправной с коллоидной химией дисциплины, хотя она, безусловно, является только составной ее частью.

Злоупотребление союзом "и" имело место также при определении в ВАК России специальности 02.00.11. Вместо "коллоидной химии" появилась "коллоидная и мембранная химия" (ныне эта специальность называется "коллоидная химия и физико-химическая механика"). Хотя, как справедливо отмечает Ю.Г. Фролов [159], мембраны и мембранные методы разделения смесей являются объектами коллоидной химии с самого ее зарождения. К чести ВАК Украины, она своим постановлением в 1994 году сохранила за специальностью 02.00.11 ее классическое название "коллоидная химия" [161].

Причиной неправомерного возведения "мембранной химии" в отдельную научную дисциплину, по-видимому, послужило бурное развитие мембранных технологий в 80—90-х годах прошлого столетия. Однако в основе баромембранных процессов (обратный осмос, микро- и ультрафильтрация) лежат коллоидно-химические явления. Поэтому вполне естественным выглядело развитие исследований в области баромембранных процессов в ИКХХВ. Были проведены работы по синтезу новых типов полимерных мембран и модифицированию мембран, выпускаемых промышленностью (профессора М.Т. Брык и В.Д. Гребенюк), изучению коллоидно-химических процессов, протекающих при массопереносе через мембраны (профессора В.Д. Гребенюк, С.С. Духин и особенно доктор химических наук Е.А. Цапюк), использованию баромембранных технологий в процессах очистки воды (доктора наук Д.Д. Кучерук, М.И.

Пономарев, Е.А. Цапюк). Эти исследования обобщены в нескольких монографиях (см., например, [162]) и многочисленных статьях.

Растворы высокомолекулярных соединений (ВМС) в течение длительного времени являлись традиционными объектами коллоидной химии, образуя обширную группу лиофильных коллоидов. Однако в 30-х годах прошлого столетия академик В.А. Каргин с сотрудниками [163] пришел к выводу, что растворы ВМС (на примере эфиров целлюлозы в органических растворителях) являются не коллоидными, а истинными, то есть термодинамически устойчивыми однофазными молекулярно дисперсными системами. Это способствовало выделению физикохимии ВМС в самостоятельную область знания. К сожалению, ее формирование протекало несколько односторонне. Даже явно микрогетерогенные полимерные системы исследователи старались "втиснуть" в прокрустово ложе истинных растворов, объясняя проявление микрогетерогенности длительным установлением равновесия, статистическими флуктуациями плотности и др. Именно с таких позиций написана книга [164] и в целом неплохое учебное пособие по коллоидной химии [165].

Между тем, академик АН БССР С.М. Липатов еще в 1948 году отмечал, что "вопрос о том, образуют ли высокополимерные вещества только коллоидные или только истинные растворы, ставится неправильно; в зависимости от условий они могут образовывать растворы как коллоидные, так и истинные" [166].

В настоящее время вопросы взаимоотношения между коллоидной химией и физикохимией ВМС в основном решены. В этом большая заслуга академика НАН Украины Ю.С. Липатова и его учеников (академика НАНУ Е.В. Лебедева, члена-корреспондента НАНУ Ю.Ю. Керчи, докторов наук Л.М. Сергеевой, Т.Т. Тодосийчук и др.), благодаря работам которых (см., например, [167]) коллоидная химия полимеров заняла достойное место в коллоидно-химической науке. Роль Ю.С. Липатова в создании современной коллоидной химии полимеров объективно освещена академиком И.В. Петряновым-Соколовым [168].

Выдающаяся роль в развитии современной коллоидной химии в Украине принадлежит академику НАНУ Ф.Д. Овчаренко — организатору и первому директору Института коллоидной химии и химии воды им. А.В. Думанского НАНУ, председателю научного совета по кол-

лоидной химии и физико-химической механике АН УССР, председателю оргкомитетов конференций по коллоидной химии, посвященных памяти А.В. Думанского, ответственному редактору более чем двадцати выпусков сборника "Физико-химическая механика и лиофильность дисперсных систем". Основные научные направления, которые развивал Ф.Д. Овчаренко и его ученики, и полученные в рамках этих направлений научные и практические результаты представлены в книге [64], подготовленной коллективом авторов в связи с 40-летием создания отдела физической химии и дисперсных минералов, бессменным руководителем которого был академик НАНУ Ф.Д. Овчаренко.

Центральным в учении о лиофильности дисперсных систем, которое начал развивать А.В. Думанский и продолжил Ф.Д. Овчаренко, является вопрос о свойствах связанной воды. С применением метода ЯМР высокого разрешения было убедительно показано, что в водных дисперсиях слоистых силикатов полислои воды толщиной ~7.5 нм имеют структуру, отличную от объемной воды, и замерзают при температурах ниже 0 °С [169]. Позже эти результаты были подтверждены доктором химических наук О.А. Алексеевым при проведении комплексных электроповерхностных измерений водных дисперсий различных силикатов и оксидов [170].

Биоколлоидные системы постоянно интересовали Ф.Д. Овчаренко. В своей брошюре [171] он много внимания уделяет существующим коллоидно-химическим представлениям о происхождении жизни на Земле. По его инициативе была создана комплексная группа во главе с профессором В.Ю. Третинником по изучению и применению в сельском хозяйстве биоминеральных удобрений (БМУ). Это перспективное научное направление [64, 172] в середине 60-х годов прошлого столетия не было по достоинству оценено, так как на государственном уровне основой повышения урожайности считалась химизация сельского хозяйства. В современных условиях дешевые, не требующие сложной технологии получения и экологически чистые БМУ, несомненно, найдут применение в агрофирмах и крупных фермерских хозяйствах Украины.

В конце 80-х годов прошлого столетия Ф.Д. Овчаренко обратил внимание на биоконцентрирование золота. Это направление интенсивно развивается в ряде развитых стран, начиная с 60-х годов прошлого столетия, для концент-

рирования золота, других редких и цветных металлов из бедных забалансовых руд, отвалов горно-обогатительных фабрик и др. [173, 174]. Была доказана высокая эффективность этого метода в таких странах, как ЮАР, где теплый климат создает благоприятные условия для роста микроорганизмов на открытом воздухе [175].

Ф.Д. Овчаренко и его сотрудники обратили внимание на коллоидно-химический аспект биоконцентрирования, а именно на избирательную гетерокоагуляцию микроорганизмов с минеральными коллоидными частицами [176]. В связи с развитием этого направления в 1991 году был организован Институт биоколлоидной химии НАН Украины, который теперь носит имя Ф.Д. Овчаренко. В статье директора этого института З.Р. Ульберг [177] более подробно рассмотрены достижения сотрудников института в рамках нового направления.

Благодаря прочному фундаменту в области теоретических и экспериментальных коллоидно-химических исследований, выполненных учеными Украины в 60—80-е годы прошлого столетия, коллоидная химия в Украине продолжает развиваться в непростых для науки современных условиях. Одним из новых направлений коллоидной химии является получение и изучение свойств микроэмульсий — самопроизвольно образующихся термодинамически устойчивых коллоидных систем на основе ПАВ со сверхнизким межфазным натяжением порядка 10^{-5} — 10^{-4} мДж/м² [178].

Кроме теоретического, изучение микроэмульсий имеет и большое практическое значение, например, для повышения нефтеотдачи нефтеносных горизонтов. По данным американской фирмы "Рэнд Корпорэйшн", примерно 68 % разведанных в мире запасов нефти необходимо извлекать с помощью методов третичной добычи, среди которых самым перспективным считается введение микроэмульсий в нефтяной пласт [179]. Именно в этом направлении проводит интересные работы доктор химических наук Г.С. Поп (Институт биоорганической химии и нефтехимии НАНУ), создавая микроэмульсии на основе алкиларилсульфонатов с низким межфазным натяжением на границе нефть — микроэмульсия [180].

Исследования в области коллоидной химии природных дисперсных систем — глин, цеолитов, кремнеземов — всегда были и сейчас являются приоритетными в научных учреждени-

ях Украины. Значимость этих работ особенно возросла после эффективного применения глин и цеолитов при ликвидации последствий аварии на Чернобыльской АЭС [181]. Помимо большого практического значения природных дисперсных минералов, некоторые из них являются удобными модельными объектами коллоидной химии. Не случайно, например, водные дисперсии Na-монтмориллонита или неводные дисперсии этого же минерала, но с длинноцепочечными органическими катионами в обменном комплексе успешно используются [45, 67] для изучения граничных слоев дисперсионной среды вблизи гидрофильных и гидрофобных поверхностей, структуры двойного электрического слоя в коллоидных системах, их реологического поведения.

В связи со сказанным перспективно вовлечение в качестве новых коллоидных объектов природного графита и материалов на его основе. Природный и терморасширенный графиты обладают, подобно монтмориллониту и слюдам, слоистой структурой, но, в отличие от указанных слоистых силикатов, имеют гидрофобную поверхность. Следовательно, графит и материалы на его основе могут служить удобными модельными объектами для изучения граничных слоев воды вблизи гидрофобных поверхностей. Своевременными и перспективными представляются исследования адсорбционных и коллоидно-химических свойств графита, его терморасширенных, окисленных и интеркалированных форм [182—184], которые выполняются кандидатами наук В.Н. Морару (Институт биокolloидной химии НАНУ), С.В. Бондаренко и А.И. Жуковой (ИКХХВ), М.В. Савоськиным и А.П. Ярошенко (Донецкий институт физико-органической химии и углехимии НАНУ).

Для теоретической коллоидной химии важен вопрос о природе поверхностных сил, в частности, структурных или, как их еще называют в зарубежной литературе, гидратационных (гидрофильных) [185]. Доктор физико-математических наук В.Н. Шилов из Института биокolloидной химии НАНУ в содружестве с немецкими учеными показал [186], что адекватное эксперименту теоретическое описание коагуляции коллоидов возможно только при совместном учете короткодействующих (≤ 1 нм) и относительно далекодействующих (≤ 5 нм) структурных сил. Разделение структурных сил на две составляющие, по-видимому, указывает на то, что их проявление связано с первичной

(формирование первой гидратной оболочки) и вторичной (образование гидратных полислоев) гидратацией гидрофильных центров коллоидных частиц. Тем самым, появляется еще одно звено, связывающее коллоидную химию с неорганической, в частности, с ее важным разделом — гидратационными характеристиками ионов.

В проблеме лиофильности дисперсных систем, которая была центральной для коллоидников Украины в конце прошлого столетия, в современных условиях основное внимание необходимо уделять структуре и свойствам граничных слоев жидкостей вблизи коллоидных частиц и моделирующих их гидрофильных и гидрофобных поверхностей твердых тел. Последние работы [187] позволяют предположить, что поверхностные слои имеют агрегатное состояние, отличное от состояния жидкости в объеме. Их также нельзя моделировать твердым (льдоподобным) состоянием, как это делали исследователи в 50—60-е годы прошлого столетия [62].

Поверхностные слои следует рассматривать как самостоятельную фазу. Для обоснования этого положения необходимы исследования их структуры и термодинамических характеристик. В связи со сказанным своевременными представляются исследования энтальпийной и энтропийной составляющих свободной энергии поверхностных пленок. Энтропия является структурно чувствительной характеристикой поверхностного слоя и позволяет судить об упорядоченной или неупорядоченной его структуре по сравнению с жидкой фазой и характере движения молекул в граничном слое. Такие исследования проводятся в отделе автора кандидатами наук В.Е. Поляковым, С.В. Бондаренко, Е.В. Аксененко [103, 188]. Они показали, что в зависимости от типа поверхности состояние адсорбированных молекул в поверхностном слое описывается моделями локализованной, нелокализованной и сверхподвижной адсорбций.

Последние 30—40 лет коллоидная химия развивалась в основном под флагом теории ДЛФО и сопутствующих этой теории направлений, таких, как теории электрокинетических явлений и др. Однако теория ДЛФО строго применима только к очень ограниченному кругу гидрофобных малоцентрированных коллоидных систем. В своей же практической деятельности человек, как правило, имеет дело с концентрированными дисперсными системами. Сколько-нибудь строгая теория, которая бы описывала эти системы, в коллоидной науке отсутствует. Поэ-

тому неотложной задачей специалистов в области коллоидной химии является развитие теоретических основ устойчивости концентрированных дисперсий.

За решение этой трудной задачи взялась доктор химических наук Н.А. Мищук (ИКХХВ) и, как показывают ее первые публикации [189] по теоретическому изучению концентрированных водомасляных эмульсий, добилась в этом направлении обнадеживающих результатов.

В период возникновения коллоидной химии много внимания уделялось изучению водных дисперсий белков. В начале третьего тысячелетия в связи с бурным развитием биохимии и молекулярной биологии на повестке дня вновь появилась проблема — коллоидная химия и человек. Коллоидная химия биосистем — дисперсий белков, состояния белковых макромолекул на границах раздела газ—жидкость, твердое тело—жидкость, структура и свойства липидных монослоев все больше интересует исследователей.

В ИКХХВ член-корреспондент НАНУ Ю.И. Тарасевич в содружестве с молдавскими коллегами изучает взаимодействие белковых макромолекул с поверхностью слоистых силикатов, кремнеземов и других дисперсных твердых тел (см., например, [190]). В Медицинском физико-химическом центре при Донецком медицинском университете профессор В.Б. Файнерман рассматривает конформационные изменения протеинов при переходе их макромолекул из объема в поверхностный слой воды [191].

В последние несколько лет возникла и интенсивно развивается новая область знания — нанохимия. Предметом ее изучения является получение, свойства, реакционная способность и технологическое применение частиц и сформированных из них ансамблей, которые, по крайней мере, в одном измерении имеют размер менее 10 нм. Совсем недавно были опубликованы монография [192] и несколько больших обзоров в русскоязычных изданиях [193—195], освещающих предмет и успехи нанохимии.

Взаимоотношение между коллоидной химией и нанохимией требует специального анализа. Здесь же только отметим, что наночастицы (нанокластеры) по принятой в коллоидной химии классификации относятся к ультрадисперсным, то есть являются самой высокодисперсной частью большого спектра дисперсных частиц, изучением которых занимается коллоидная химия. Вполне естественно, что большин-

ство из имеющихся в арсенале нанохимии методов получения наночастиц, которые, как и в коллоидной химии, можно условно разделить на диспергационные и конденсационные, были прямо или с некоторыми изменениями заимствованы из коллоидной химии.

Авторы обзора [193] выделяют шесть способов получения наносистем — молекулярные, газофазные, коллоидные, твердотельные, матричные и пленочные. Но, например, газофазный метод получения безлигандных кластеров металлов и их оксидов заключается в лазерном или высокочастотном электромагнитном испарении металлов (оксидов) с последующим осаждением кластеров на подложке, фильтре или низкотемпературной матрице [193]. В связи с этим уместно вспомнить предложенный в начале 40-х годов прошлого столетия членами-корреспондентами АН СССР С.З. Рогинским и А.И. Шальниковым конденсационный метод получения органоэлей натрия, калия, рубидия, цезия путем теплового испарения этих металлов и конденсаций их паров в соответствующих дисперсионных средах [3].

Конденсационный метод электроосаждения коллоидных металлов и металлополимеров, предложенный профессором Э.М. Натансоном в ИОНХ в середине 50-х годов прошлого столетия [95], является прообразом матричного метода в нанохимии. Матричный метод синтеза фотографических эмульсий с нанозародышами металлического серебра в микрокристаллах галлоидного серебра уже почти столетие используется в промышленной технологии получения фотографических материалов, в основе которой лежат коллоидно-химические процессы [196].

Термический конденсационный метод получения коллоидных порошков железа, кобальта, никеля из их оксалатов активно используется в коллоидно-химической практике [100, 197]. В нанохимии этот метод назван твердотельным [193]. Получение и изучение пленок Ленгмюра–Блоджетт, которые входят в сферу интересов нанохимии [193, 195], также является традиционным направлением коллоидной химии. Появлению нанотермодинамики [198] предшествовало развитие термодинамики дисперсных систем и поверхностных явлений.

Можно было бы привести и другие примеры пересечения интересов классической коллоидной химии и новой науки нанохимии. Последняя, безусловно, имеет право на жизнь. Тем более, что в ее рамках получены материалы

с ценными свойствами, прежде не известные ни в коллоидной химии, ни в химии вообще. Самый простой пример — синтез фуллеренов и нанотрубок. С другими достижениями нанохимии можно познакомиться по публикациям [192, 193, 195] и особенно [194]. Коллоидно-химическая наука, однако, может гордиться тем, что ее разработки и достижения послужили важным трамплином для становления и развития нанохимии.

Вовлечение в сферу интересов нанохимии широкого круга специалистов различного профиля привело к получению принципиально новых материалов, имеющих значение для оптики, электроники, лазерной техники и др. Становится актуальным деление нанохимии как науки на составляющие — собственно нанохимию, нанофизику и нанотехнологию. Задачей собственно нанохимии в первую очередь является разработка методов получения и модифицирования наноматериалов. В связи с этим приемы и наработки, достигнутые за полутрадиционное существование коллоидной химии, несомненно, будут востребованы для развития нанохимии.

Одним из важнейших направлений современной коллоидной химии является создание научных основ очистки воды от дисперсно, молекулярно и ионно растворенных веществ. Первые работы в этой области в ИОНХ, а затем в ИКХХВ были выполнены патриархом науки о химии и технологии воды академиком НАН Украины Л.А. Кульским. Им была предложена классификация примесей воды по фазово-дисперсному состоянию [199], которая сыграла большую роль при разработке рациональных методов очистки воды от различных загрязнений. Следует отметить работы профессора А.М. Когановского и его учеников [200] в ИКХХВ по применению адсорбционных методов очистки воды от органических загрязнений. В том же институте член-корреспондент НАНУ Ю.И. Тарасевич развил коллоидно-химические основы использования природных и созданных на их основе адсорбционно-активных материалов для очистки воды от дисперсно, молекулярно и ионно растворенных примесей [201, 202]. Коагуляционным и флокуляционным методам очистки воды большое внимание уделяли сотрудники ИКХХВ профессора А.К. Запольский и А.А. Баран [203]. В Киевском университете доктор химических наук Т.Б. Желтоножская и профессор В.Г. Сыромятников [204] на основе прivityх

сополимеров создали эффективные флокулянты для очистки воды. В ИКХХВ его директор академик НАНУ В.В. Гончарук успешно сочетает каталитические [205] с коллоидно-химическими [206] методами комплексной очистки природных и сточных вод.

Перечисленные выше работы показывают, что ученые Украины со всей ответственностью относятся к опасности загрязнения нашей страны вредными веществами, а население Украины благодаря использованию в технологии очистки воды коллоидно-химических методов в текущем столетии будут пить хорошо очищенную высококачественную воду.

Подводя итог всему сказанному в настоящей статье, можно с уверенностью утверждать, что ученые-коллоидники Украины внесли весомый вклад в коллоидно-химическую науку и продолжают активно заниматься ее современными проблемами, одновременно обогащая новые области знания накопленным опытом и своими достижениями.

РЕЗЮМЕ. Розглянуто роль вчених України в становленні та розвитку колоїдно-хімічної науки. Показано вагомий внесок українських вчених у створення сучасної колоїдної хімії. Окреслено її першочергові завдання на найближчі роки. Критично проаналізовано взаємозв'язок колоїдної хімії з суміжними дисциплінами — фізико-хімічною механікою, мембранною хімією, фізикохімією високомолекулярних сполук, нанохімією.

SUMMARY. The role of Ukrainian scientists in the formation and development of colloid chemistry is considered. It is shown that Ukrainian scientists made significant contribution to the development of contemporary colloid chemistry. The primary tasks of the colloid chemistry for the nearest future are outlined. The critical analysis is given of the interrelations of colloid chemistry with other closely related branches of sciences: physicochemical mechanics, chemistry of membranes, macromolecular physicochemistry and nanochemistry.

1. *Шукин Е.Д., Перцов А.В., Амелина Е.А.* Коллоидная химия. -М.: Изд-во Моск. ун-та, 1982.
2. *Фролов Ю.Г.* Курс коллоидной химии. Поверхностные явления и дисперсные системы. -М.: Химия, 1989.
3. *Шелудко А.* Коллоидная химия. -М.: Изд-во иностр. лит., 1960.
4. *Ребиндер П.А.* Поверхностные явления в дисперсных системах. Коллоидная химия: Избр. тр. -М.: Наука, 1978.
5. *Graham Th.* // Phil. Trans. Royal Soc. -1861. -151. -P. 183—224.
6. *Борцов И.Г.* // Журн. Рус. физ.-хим. общ-ва. Ч.

- хим. -1869. -1. -С. 194.
7. Ostwald W. Grundriss der Kolloidchemie. -Dresden: Verlag, 1909 / Рус. пер. В. Оствальда. Важнейшие свойства коллоидного состояния. -Спб.: Естествоиспытатель, 1910.
 8. Биографии великих химиков / Под ред. К. Хайнига. -М.: Мир, 1981.
 9. Лауреати Нобелівської премії. 1901–2001. Енциклопедичний довідник / Укл. С.О. Довгий, В.М. Литвин, С.Б. Солоіденко. -Київ: Укр. видавн. центр, 2001.
 10. Оствальд В. Мир обойденных величин / Пер. с 9-го и 10-го немец. изд. -Л.: Научн. хим.-техн. изд-во, 1930.
 11. Эйнштейн А., Смолуховский М. // Броуновское движение: Сб. статей. -М.;Л.: ОНТИ, 1936.
 12. Храмов Ю.А. Физики. Биографический справочник. -Київ: Наук. думка, 1977.
 13. Schwedoff F. // J. physique. -1890. -9, № 2. -Р. 34.
 14. Фридрихсберг Д.А. Курс коллоидной химии. -Л.: Химия, 1984.
 15. Думанский А.В., Думанский И.А. Библиографический очерк развития отечественной коллоидной химии. Вып. 1. -Київ: Изд-во АН УССР, 1949.
 16. Smoluchovski M. // Koll. Z. -1916. -18. -S.190.
 17. Smoluchovski M. // Phys. Z. -1916. -17. -S. 557.
 18. Кройт Г.Р. Наука о коллоидах. -М.: Изд-во иностр. лит., 1955.
 19. Perrin J. // Bull. Soc. Phys. Franc. -1909. -3. -Р. 170.
 20. Перрен Ж. Атомы. -М.;Л.: Гостехиздат, 1924.
 21. Siedentopf H., Zsigmondy R. // Ann. Physik -1903. -10, № 4. -S. 3.
 22. Думанский А.В. Дисперность и коллоидное состояние вещества. -Харків;Київ: ОНТВУ "Кокс і хімія", 1932.
 23. Жигмонди Р. Коллоидная химия. -Харьков; Киев: Изд-во НК Снаб'а УССР, 1933.
 24. Svedberg T., Rinde H. // J. Amer. Chem. Soc. -1924. -46. -Р. 2677.
 25. Svedberg T., Pedersen K. The Ultracentrifuge. -London: Clarendon Press, 1940.
 26. Lengmuir I. // J. Amer. Chem. Soc. -1916. -38. -Р. 2221.
 27. Ленгмюр И. // Успехи химии. -1933. -2, № 6. -С. 649—656.
 28. Думанский А.В. // Журн. Рус. физ.-хим. о-ва. Ч. хим. -1909. -41. -С. 1306—1308.
 29. Сведберг Т. Коллоидная химия. -М.: Техиздат, 1930.
 30. Сакодынский К.И. // Успехи хроматографии. -М.: Наука, 1972. -С. 9—25.
 31. Банах О.С. // Праці 3-го Західноукр. симп. з адсорбції та хроматографії. -Львів: Вид-во Сполом, 2003. -С. 7—15.
 32. Цвет М.С. // Тр. Варшавского об-ва естествоиспытателей. Отд. биологии. -1903. -14. -С. 20.
 33. Tswett M. // Ber. Deutsch. Bot. Ges. -1906. -24. -S. 316, 384.
 34. Szyzkowski B. // Z. Phys. Chem. -1908. -64. -S. 385.
 35. Адам Н.К. Физика и химия поверхности. -М.;Л.: Гостехиздат, 1947.
 36. Зелинский А.Н. Академик Н.Д. Зелинский. -М.: Знание, 1981.
 37. Фигуровский Н.А. Очерк возникновения и развития угольного противогаса Н.Д. Зелинского. -М.: Изд-во АН СССР, 1952.
 38. Поляков Н.С. // Современное состояние и перспективы развития теории адсорбции (к 100-летию со дня рождения академика М.М. Дубинина). -М.: Ин-т физ.химии РАН, 2001. -С. 4, 5.
 39. Дубинин М.М. Физико-химические основы сорбционной техники. -М.: ОНТИ, 1935.
 40. Дубинин М.М., Чмутов К.В. Физико-химические основы противогазового дела. -М.: Изд-во Акад. хим. защиты, 1939.
 41. Александр Наумович Фрумкин: Очерки. Воспоминания. Материалы / Под ред. Я.П. Страдыня. -М.: Наука, 1989.
 42. Фрумкинъ А.Н. Электрокапиллярные явления и электродные потенциалы. -Одесса: Коммерческая типография Б.И. Сапожникова, 1919.
 43. Frumkin A. // Z. Phys. Chem. -1925. -116, № 516. -S. 466—474.
 44. Гедройц К.К. Избранные научные труды. -М.: Наука, 1975.
 45. Van Olphen H. An Introduction to Clay Colloid Chemistry. -New York: Wiley, 1977.
 46. Вернадский В. О группе силлиманита и роли глинозема в силикатах. -М.: МОИП, 1891.
 47. Вернадский В.И., Курбатов С.М. Земные силикаты, алюмосиликаты и их аналоги. -Л.;М.: ОНТИ НКТП СССР, 1937.
 48. Вернадский В.И. Очерки геохимии. -7-е изд. -М.: Наука, 1983.
 49. Махачки Ф., Брэгг В.Л., Шибольд Э., Тейлор В. Основные идеи геохимии. Вып. III. -Л.: ОНТИ Химтеорет, 1937.
 50. Белов Н.В. Очерки по структурной минералогии. -М.: Недра, 1976.
 51. Белов Н.В. Кристаллохимия силикатов с крупными катионами. 2-е чтение им. В.И. Вернадского. -М.: Изд-во АН СССР, 1961.
 52. Вайнштейн Б.К. // Проблемы кристаллохимии. Сб., посвященный 80-летию акад. Н.В. Белова. -М.: Изд-во Моск. ун-та, 1971. -С. 5—22.
 53. Белов Н.В. // Минералог. сб. Львовск. геол. об-ва. -Львов: Изд-во Львовск. ун-та. -1949. -№ 3. -С. 29—32; -1950. -№ 4. -С. 21—34; -1951. -№ 5. -С. 18—36; -1953. -№ 7. -С. 3—20; -1955. -№ 9. -С. 3—14; -1958. -№ 12. -С. 15—42; -1960. -№ 14. -С. 3—33.
 54. Песков Н.П. Физико-химические основы коллоидной химии. -М.;Л.: ОНТИ Госхимтехиздат, 1934.
 55. Фролов Ю.Г. // Изв. вузов. Химия и хим. технол. -1979. -22, № 12. -С. 1526—1531.
 56. Дерягин Б.В. // Изв. АН СССР. Сер. хим. -1937. -№ 5. -С. 1153—1164.
 57. Дерягин Б.В., Ландау Л. // Журн. эксперим. и теор. физики. -1941. -11, № 12. -С. 802—821.
 58. Verwey E.J.W., Overbeek J.Th.G. Theory of the Stability of Lyophobic Colloids. -Amsterdam: Elsevier, 1948.
 59. Hardy W.B. // Proc. Royal Soc. -1900. -66. -Р. 110—125.
 60. Чураев Н.В. // Коллоид. журн. -1984. -46, № 2. -С. 302—313.
 61. Churaev N.V., Derjaguin B.V. // J. Colloid Interface Sci. -1985. -103, № 2. -Р. 542—543.

62. *Думанский А.В.* Лиофильность дисперсных систем. -Киев: Изд-во АН УССР, 1960.
63. *Овчаренко Ф.Д.* Гидрофильность глин и глинистых минералов. -Киев: Изд-во АН УССР, 1961.
64. *Фізична хімія дисперсних мінералів / Під ред. Ф.Д. Овчаренка.* -Київ, 1997.
65. *Думанский А.В.* Избранные труды. Коллоидная химия. -Воронеж: Изд-во Воронежск. ун-та, 1990.
66. *Чессик Дж., Цетлмейер А.* // Катализ. Вопросы избирательности и стереоспецифичности катализаторов. -М.: Изд-во иностр. лит., 1963. -С. 293—334.
67. *Тарасевич Ю.И., Овчаренко Ф.Д.* Адсорбция на глинистых минералах. -Киев: Наук. думка, 1975.
68. *Думанский А.В., Аврамчук Л.П., Куриленко О.Д., Некряч Е.Ф.* // Докл. АН СССР. -1964. -**159**, № 5. -С. 1120—1122.
69. *Некряч Е.Ф., Самченко З.А., Куриленко О.Д.* // Укр. хим. журн. -1975. -**41**, № 8. -С. 814—818.
70. *Иванов В.А., Тимофеевская В.Д., Гориков В.И.* // Журн. физ. химии. -2003. -**77**, № 12. -С. 2235—2240.
71. *Крылов Е.А., Карякин Н.В., Макаров А.В.* // Там же. -2003. -**77**, № 12. -С. 2252—2255.
72. *Высоцкий З.З.* Очерк истории химии дисперсных кремнеземов. -Киев: Наук. думка, 1971.
73. *Поляков М.В.* // Журн. физ. химии. -1931. -**2**, № 6. -С. 799—805.
74. *Поляков М.В., Кулещина Л.П., Неймарк И.Е.* // Там же. -1937. -**10**, № 1. -С. 100—112
75. *Стрелко В.В., Каниболоцкий В.А., Высоцкий З.З.* // Там же. -1968. -**42**, № 5. -С. 1219—1223.
76. *Коваленко А.С., Ильин В.Г., Филиппов А.П.* // Теорет. и эксперим. химия. -1997. -**33**, № 5. -С. 322—337.
77. *Tarasevich Yu.I.* // Adsorption Sci. Technol. -1999. -**17**, № 8. -P. 611—628.
78. *Тарасевич Ю.И.* // Укр. хим. журн. -2000. -**66**, № 9. -С. 27—36.
79. *Неймарк И.Е., Шейнфайн Р.Ю.* Силикагель, его получение, свойства и применение. -Киев: Наук. думка, 1973.
80. *Пионтковская М.А.* Физико-химические, адсорбционные и каталитические свойства модифицированных фожазитов. -Киев: Наук. думка, 1978.
81. *Неймарк И.Е.* Синтетические минеральные адсорбенты и носители катализаторов. -Киев: Наук. думка, 1982.
82. *Слинякова И.Б., Денисова Т.И.* Кремнийорганические адсорбенты. Получение, свойства и применение. -Киев: Наук. думка, 1988.
83. *Химия поверхности кремнезема. Т. 1 / Под ред. А.А. Чуйко.* -Киев: Изд-во УкрИНТЭИ, 2001.
84. *Chemistry, Physics and Technology of surfaces / Ed. A.A. Chuiiko.* -Kyiv, 2001.
85. *Измайлов Н.А.* Электрохимия растворов. -М.: Химия, 1966.
86. *Стражеско Д.Н.* // Адсорбция и адсорбенты. -Киев: Наук. думка, 1976. -№ 4. -С. 3—14.
87. *Стражеско Д.Н., Тарковская И.А.* // Адсорбция и адсорбенты. -Киев: Наук. думка, 1972. -№ 1. -С. 7—17.
88. *Тарковская И.А.* Окисленный уголь. -Киев: Наук. думка, 1981.
89. *Ласкорин Б.Н., Стрелко В.В., Стражеско Д.Н., Денисов В.И.* Сорбенты на основе силикагеля в радиохимии. -М.: Атомиздат, 1977.
90. *Николаев В.Г., Стрелко В.В.* Гемосорбция на активированных углях. -Киев: Наук. думка, 1979.
91. *Стрелко В.В.* // Укр. хим. журн. -1999. -**65**, № 1. -С. 55—57.
92. *Синявский В.Г., Романкевич М.Я., Цыганкова Н.П.* // Методы получения химических реактивов и препаратов. -М.: НИИТЭХИМ, 1964. -№ 9. -С. 17.
93. *Синявский В.Г.* Селективные иониты. -Киев: Техніка, 1967.
94. *Херинг Р.* Хелатообразующие ионообменники. -М.: Мир, 1971.
95. *Натансон Э.М.* Коллоидные металлы. -Киев: Изд-во АН УССР, 1959.
96. *Натансон Э.М., Ульберг З.Р.* Коллоидные металлы и металлополимеры. -Киев: Наук. думка, 1971.
97. *Ульберг З.Р., Дейнега Ю.Ф.* Электрофоретическое осаждение металлополимеров. -Киев: Наук. думка, 1976.
98. *Дейнега Ю.Ф., Ульберг З.Р.* Электрофоретические композиционные покрытия. -М.: Химия, 1989.
99. *Химченко Ю.И., Пан В.М., Берлин А.Д. и др.* // Физика низких температур. -1975. -**1**, № 10. -С. 1229—1234.
100. *Швец Т.М., Желибо Е.П., Мельниченко З.М., Василенко В.П.* Физико-химия высокодисперсных ферромагнетиков. -Киев: ИКХХВ АН УССР, 1985.
101. *Товбин М.В., Богатова Н.Ф., Будераская Г.Г.* // Теорет. и эксперим. химия. -1973. -**9**, № 5. -С. 701—705.
102. *Zettlemoyer A.C.* // J. Colloid Interface Sci. -1968. -**28**, № 3/4. -P. 343—369.
103. *Tarasevich Yu.I., Polyakova I.G., Polyakov V.E.* // Adsorption Sci. Technol. -2002. -**20**, № 9. -P. 927—935.
104. *Барбой В.М., Глазман Ю.М.* // Исследование в области поверхностных сил. -М.: Наука, 1967. -С. 207—218.
105. *Краснокутская М.Е., Глазман Ю.М.* // Исследование в области поверхностных сил. -М.: Наука, 1967. -С. 219—223.
106. *Баран А.А.* Полимерсодержащие дисперсные системы. -Киев: Наук. думка, 1986.
107. *Духин С.С.* Электропроводность и электрокинетические свойства дисперсных систем. -Киев: Наук. думка, 1975.
108. *Духин С.С., Дерягин Б.В.* Электрофорез. -М.: Наука, 1976.
109. *Miller R.* // Colloids and Surfaces. A. -2001. -**92**, № 1. -P. 1—3.
110. *Шульман З.П., Дейнега Ю.Ф., Городкин Р.Г., Маценуро А.Д.* Электрореологический эффект. -Минск: Наука и техника, 1972.
111. *Дейнега Ю.Ф.* // Укр. хим. журн. -2001. -**67**, № 3. -С. 13—18.
112. *Иващенко Ю.Н., Еременко В.Н.* Основы прецизионных измерений поверхностной энергии расплавов методом лежащей капли. -Киев: Наук. думка, 1972.
113. *Найдич Ю.В.* Контактные явления в металлических расплавах. -Киев: Наук. думка, 1972.
114. *Найдич Ю.В., Перевертайло В.М., Лавриненко И.А. и др.* Поверхностные свойства расплавов и твердых

- тел и их использование в материаловедении. -Киев: Наук. думка, 1991.
115. Демченко П.А., Литвин И.Я., Танчук Ю.В., Шаповал Б.С. // Физико-химическая механика и лиофильность дисперсных систем. -1973. -№ 4. -С. 85—87.
 116. Главати О.Л. Физикохимия диспергирующих присадок к маслам. -Киев: Наук. думка, 1989.
 117. Иирук Ю.Л. Технология пластичных смазок. -Киев: Наук. думка, 1986.
 118. Вдовенко Н.В., Овчаренко Ф.Д., Бунтова М.А. и др. // Физико-химическая механика и лиофильность дисперсных систем. -1973. -№ 4. -С. 17—22.
 119. Тарасевич Ю.И., Никуличев Ю.Г., Бондаренко С.В. и др. // Нефтепереработка и нефтехимия. -1987. -№ 32. -С. 54—59.
 120. Жукова А.И., Козлова В.С., Бондаренко С.В., Тарасевич Ю.И. // Журн. прикл. химии. -1989. -62, № 6. -С. 1311—1315.
 121. Панасевич А.А., Климова Г.М., Максимова В.П., Тарасевич Ю.И. // Химия и технол. воды. -1990. -12, № 12. -С. 1097—1100.
 122. Тарасевич Ю.И., Климова Г.М. // Там же. -2002. -24, № 5. -С. 481—491.
 123. Клименко Н.А. // Успехи коллоид. химии. -Л.: Химия, 1991. -С. 156—171.
 124. Руди В.П., Истратова Л.С., Денисенко В.П. // Физико-химическая механика и лиофильность дисперсных систем. -1973. -№ 4. -С. 79—84.
 125. Третинник В.Ю. // Там же. -Киев: Наук. думка, 1983. -№ 15. -С. 13—19.
 126. Юрженко А.И. // Журн. общей химии. -1946. -16, № 8. -С. 1171—1188.
 127. Юрженко А.И., Вильшанская Н.Я., Вильшанский В.А. и др. // Успехи коллоид. химии. -М.: Наука, 1973. -С. 278—285.
 128. Кабанов В.А. // Краткая химическая энциклопедия: В 5 т. -М.: Советская энциклопедия, 1965. -Т. 4. -С. 162—182.
 129. Скрылев Л.Д., Ососков В.К. // Укр. хим. журн. -1976. -42, № 6. -С. 587—590.
 130. Сазонова В.Ф., Скрылев Л.Д., Перлова О.В., Кожемяк М.А. // Там же. -2002. -68, № 10. -С. 96—99.
 131. Дерягин Б.В., Духин С.С., Рулев Н.Н. Микрофлотация. -М.: Химия, 1986.
 132. Тарасевич Ю.И., Патюк Л.К., Панасевич А.А. и др. // Химия и технол. воды. -1985. -7, № 6. -С. 67—70.
 133. Пилипенко А.Т., Пащенко А.А., Тарасевич Ю.И. и др. // Там же. -1981. -3, № 3. -С. 242—247.
 134. Солтыс М.Н., Полонский Т.М., Украинец А.М. // Физико-химическая механика и лиофильность дисперсных систем. -1973. -№ 4. -С. 137—139.
 135. Soltys M.M., Yaretko Z.M. // Adsorption Sci. Technol. -1996. -14, № 3. -P. 199—207.
 136. Ребиндер П.А. // Всесоюз. научно-техн. совещ. по интенсификации процессов и улучшению качества материалов при сушке. -Москва, декабрь, 1956. -М.: Профиздат, 1958. -С. 20—33.
 137. Harkins W.D., Jura G. // J. Amer. Chem. Soc. -1944. -66, № 6. -P. 919—927.
 138. Тарасевич Ю.И., Оразмурадов А.О., Овчаренко Ф.Д. // Докл. АН СССР. -1971. -196, № 4. -С. 882—884.
 139. Тарасевич Ю.И. Структура и химия поверхности слоистых силикатов. -Киев: Наук. думка, 1988.
 140. Манк В.В., Куриленко О.Д. Исследование межмолекулярных взаимодействий в ионообменных смолах методом ЯМР. -Киев: Наук. думка, 1976.
 141. Нечаев Е.А. Хемосорбция органических веществ на оксидах и металлах. -Харьков: Высш. шк., 1989.
 142. Гончарук В.В. Физико-химические основы подбора катализаторов кислотного типа. -Киев: Наук. думка, 1991.
 143. Корнилович Б.Ю. Структура и поверхностные свойства механохимически активированных силикатов и карбонатов. -Киев: Наук. думка, 1994.
 144. Побережный В.Я. // Доп. АН УРСР. Сер. Б. -1989. -№ 3. -С. 48—51.
 145. Оно С., Кондо С. Молекулярная теория поверхностного натяжения в жидкостях. -М.: Изд-во иностр. лит., 1963.
 146. Побережный В.Я., Кульский Л.А. // Химия и технол. воды. -1996. -18, № 2. -С. 167—178.
 147. Максимюк М.Р., Аксененко Е.В., Гончарук В.В., Побережный В.Я. // Там же. -2002. -24, № 6. -С. 516—525.
 148. Круглицкий Н.Н. Физико-химические основы регулирования свойств дисперсий глинистых минералов. -Киев: Наук. думка, 1968.
 149. Овчаренко Ф.Д., Круглицкий Н.Н., Ничипоренко С.П., Агабальянц Э.Г. Палыгорскит в бурении. -Киев: Техника, 1966.
 150. Макаров А.С., Олофинський Є.П., Дегтяренко Т.Д. // Вісн. АН УРСР. -1989. -№ 2. -С. 66—75.
 151. Ребиндер П.А. Поверхностные явления в дисперсных системах. Физико-химическая механика. Избр. тр. -М.: Наука, 1979.
 152. Рейнер М. Деформация и течение. -М.: Гостоптехиздат, 1963.
 153. Килбл Д., Сирлин Е. // Вязкоупругая релаксация в полимерах. -М.: Мир, 1974. -С. 82—116.
 154. Трапезников А.А. // Успехи коллоидной химии. -М.: Наука, 1973. -С. 201—211.
 155. Яминский В.В., Пчелин В.А., Амелина Е.А., Щукин Е.Д. Коагуляционные контакты в дисперсных системах. -М.: Химия, 1982.
 156. Щукин Е.Д. // Физико-химическая механика и лиофильность дисперсных систем. -1981. -№ 13. -С. 46—53.
 157. Овчаренко Ф.Д. // Там же. -1976. -№ 8. -С. 3—14.
 158. Перцов Н.В., Коган Б.С. // Там же. -1981. -№ 13. -С. 53—65.
 159. Фролов Ю.Г. // Коллоид. журн. -1995. -57, № 3. -С. 456—460.
 160. Успехи коллоидной химии и физико-химической механики. Тез. докл. II Междунар. конф. „Коллоид 2003” / Под ред. И.И. Лиштвана, В.Е. Агабекова, Ф.Ф. Можейко и др. -Минск: Изд-во БГУ, 2003.
 161. Номенклатура спеціальностей наукових працівників. Постанова Президії Головної ради ВАК України № 33/17 8.12.1994.
 162. Брык М.Т., Цатюк Е.А. Ультрафильтрация. -Киев: Наук. думка, 1989.
 163. Каргин В.А. Коллоидные системы и растворы полимеров. Избр. тр. -М.: Наука, 1978.
 164. Каргин В.А., Слонимский Г.А. Краткие очерки по физи-

- кохимии полимеров. -М.: Изд-во Моск. ун-та, 1960.
165. Пасынский А.Г. Коллоидная химия. -М.: Высш. шк., 1963.
 166. Липатов С.М. Физико-химия коллоидов. -М.;Л.: Госхимиздат, 1948. -С. 312.
 167. Липатов Ю.С. Коллоидная химия полимеров. - Киев: Наук. думка, 1984.
 168. Петрянов-Соколов И.В. Коллоидная химия и научно-технический прогресс. -М.: Наука, 1988.
 169. Манк В.В., Суюнова З.Э., Тарасевич Ю.И., Овчаренко Ф.Д. // Докл. АН СССР. -1972. -**202**, № 1. -С. 117—119.
 170. Алексеев О.Л., Овчаренко Ф.Д. Электроповерхностные явления и гидрофильность дисперсных систем. -Киев: Наук. думка, 1992.
 171. Овчаренко Ф.Д. Мир опознанных величин. -М.: Знание, 1979.
 172. Овчаренко Ф.Д., Третинник В.Ю., Смалый В.Т. и др. Способ получения биоминеральных удобрений и методика проверки их эффективности. -Киев: Наук. думка, 1964.
 173. Полькин С.И., Адамов Э.В., Панин В.В. Технология бактериального выщелачивания цветных и редких металлов. -М.: Недра, 1982.
 174. Минеев Г.Г. Биометаллургия золота. -М.: Металлургия, 1989.
 175. Адамсон Р.Ж. Металлургия золота в Южной Африке. -Иркутск, 1975.
 176. Овчаренко Ф.Д., Перцов Н.В., Ульберг З.Р., Эстрела-Льопис В.Р. // Открытия. Изобрет. -1989, № 5.
 177. Ульберг З.Р. // Укр. хим. журн. -1999. -**65**, № 1. -С. 62—67.
 178. Сумм Б.Д., Иванова Н.И. // Успехи химии. -2000. -**69**, № 11. -С. 995—1008.
 179. Неожу П. // Микроэмульсии. Структура и динамика. -М.: Мир, 1990. -С. 291—316.
 180. Поп Г.С., Нагирияк И.П. // Коллоид журн. -1990. -**52**, № 6. -С. 1201—1204.
 181. Тарасевич Ю.И. // Химия и технол. воды. -1996. -**18**, № 2. -С. 127—131.
 182. Morary V.N. // Colloids and Surfaces. A. -2003. -**222**, № 2. -Р. 195—206.
 183. Савоськин М.В., Ярошенко А.П., Мыськ Р.Д. и др. // Теорет. и эксперим. химия. -2004. -**40**, № 2. -С. 88—93.
 184. Тарасевич Ю.И., Бондаренко С.В., Жукова А.И. // Там же. -2004. -**40**, № 2. -С. 120—124.
 185. Israelachvili J.N. Intermolecular and surface forces with applications to colloidal and biological systems. -New York: Acad. Press, 1985.
 186. Shilov V.N., Stechemesser H., Lichtenfeld H. // Surface forces. Programme and Abstr. XII Intern. Conf. / Ed. N.V. Churaev. -Moscou; Zvenigorod, 2002. -Р. 38.
 187. Чураев Н.В. // Успехи химии. -2004. -**73**, № 1. -С. 26—38.
 188. Тарасевич Ю.И., Поляков В.Е., Бондаренко С.В., Аксененко Е.В. // Коллоид журн. -2004. -**66**, № 5. -С. 653—661.
 189. Mishchuk N.F., Sanfeld A., Steinchen A. // Adv. Colloid and Interface Sci. -2004. -**112**. -Р. 129—157.
 190. Тарасевич Ю.И., Монахова Л.И. // Коллоид журн. -2002. -**64**, № 4. -С. 535—540.
 191. Fainerman V.B., Lucassen-Reynders E.N., Miller R. // Adv. Colloid Interface Sci. -2003. -**106**, № 1. -Р. 237—259.
 192. Сергеев Г.Б. Нанохимия. -М.: Изд-во Моск. ун-та, 2003.
 193. Суздаев И.П., Суздаев П.И. // Успехи химии. -2001. -**70**, № 3. -С. 203—240.
 194. Бучаченко А.Л. // Там же. -2003. -**72**, № 5. -С. 419—437.
 195. Ролдугин В.И. // Там же. -2004. -**73**, № 2. -С. 123—156.
 196. Чибисов К.В. Химия фотографических эмульсий. -М.: Наука, 1975.
 197. Кущевская Н.Ф. // Порошковая металлургия. -1996. -№ 3/4. -С. 111—113.
 198. Русанов А.И. // Журн. физ. химии. -2003. -**77**, № 10. -С. 1736—1741.
 199. Кульский Л.А., Строкач П.П. Технология очистки природных вод. -Киев: Вища школа, 1981.
 200. Когановский А.М., Левченко Т.М., Рода И.Г., Марутовский Р.М. Адсорбционная технология очистки сточных вод. -Киев: Техніка, 1981.
 201. Тарасевич Ю.И. Природные сорбенты в процессах очистки воды. -Киев: Наук. думка, 1981.
 202. Tarasevich Yu.I. // Adsorption and its applications in industry and environmental protection/ Ed.A. Dabrowsky. -Amsterdam: Elsevier, 1999. -Vol. 2. -Р. 659—722.
 203. Запольский А.К., Баран А.А. Коагулянты и флокулянты в процессах очистки воды. -Л.: Химия, 1987.
 204. Желтоножская Т.Б., Загданская Н.Е., Сыромятников В.Г. и др. // Успехи химии. -2004. -**73**, № 8. -С. 877—896.
 205. Гончарук В.В., Вакуленко В.Ф., Горчев В.Ф., Захлявко Г.А. // Химия и технология воды. -1998. -**20**, № 1. -С. 7—18.
 206. Гончарук В.В., Дешко И.И., Герасименко Н.Г. и др. // Там же. -1998. -**20**, № 1. -С. 19—31.

Институт коллоидной химии и химии воды им. А.В. Думанского
НАН Украины, Киев

Поступила 09.07.2004