

В.В. СТРЕЛКО¹, Ю.Л. ЗУБ²

¹ Інститут сорбції та проблем ендоекології Національної академії наук України
вул. Генерала Наумова, 13, Київ, 03164, Україна

² Інститут хімії поверхні ім. О.О. Чуйка Національної академії наук України
вул. Генерала Наумова, 17, Київ, 03164, Україна

ЗОЛЬ-ГЕЛЬ СИНТЕЗ ТА ДОСЛІДЖЕННЯ НЕОРГАНІЧНИХ СПОЛУК, ГІБРИДНИХ ФУНКЦІОНАЛЬНИХ МАТЕРІАЛІВ ТА ДИСПЕРСНИХ СИСТЕМ

II Конференція країн СНД «Золь-Гель – 2012»

18–20 вересня в Севастополі (Крим, Україна) відбулася II Конференція країн СНД «Золь-Гель – 2012». Її організаторами виступили Інститут сорбції та проблем ендоекології й Інститут хімії поверхні ім. О.О.Чуйка НАН України за підтримки Інституту хімії силікатів ім. І.В. Гребеничкова РАН. Участь у роботі Конференції взяли 135 учених та спеціалістів із різних наукових центрів Російської Федерації, України, Білорусі, Вірменії, Казахстану. Крім того, з доповідями на Конференції виступили відомі фахівці з таких країн, як Австрія, Угорщина, Литва, Канада, Словенія, Польща, Швеція, Чехія та Фінляндія. Тематика «Золь-Гель – 2012» охоплювала широке коло питань, а саме: теоретичні аспекти золь-гель процесів; золь-гель синтез та дослідження наночастинок; золь-гель плівки, покриття і мембрани; гібридні неорганічні та органо-неорганічні золь-гель матеріали; ксерогелі, скло та об'ємні керамічні матеріали, сорбенти і каталізатори, синтезовані золь-гель методом; матеріали біомедичного призначення.

Хімія і технологія золь-гель процесів — один із найперспективніших напрямів у сучасному матеріалознавстві, що бурхливо розвивається в останні 10–15 років. З розробками та дослідженнями золь-гель методу відкрилися нові, часом унікальні, можливості створення низки матеріалів та виробів із наперед заданими властивостями: неорганічних, у тому числі й гібридних, сорбентів, каталізаторів і носіїв каталізаторів, кераміки та неорганічних мембран із спеціальними властивостями, склокераміки, волокон, хемо- і біосенсорів тощо. Тому не дивно, що Міжнародна асоціація дослідників (ISGS), які працюють у цьому науковому напрямі,



Організаційний комітет Конференції.

Зліва направо: співголова Конференції академік НАН України В.В. Стрелко (Київ), д-р хім. наук О.О. Шилова (Санкт-Петербург), учений секретар Конференції д-р хім. наук Ю.Л. Зуб (Київ)

регулярно проводить відповідні міжнародні конференції та школи для молодих науковців. Так, наприклад, XVI Конференція з хімії і технології золь-гель процесів відбулася в серпні 2011 р. в Гуанчжоу (КНР), а XVII Конференція запланована на кінець серпня 2013 р. у Мадриді (Іспанія). Враховуючи значення для промисловості розробок, отриманих за допомогою золь-гель методу, та з метою координації зусиль російських дослідників, РАН за ініціативою директора Інституту хімії силікатів ім. І.В. Гребенщикова академіка РАН В.Я. Шевченка 22–24 листопада 2010 р. у Санкт-Петербурзі провела I Всеросійську конференцію «Золь-гель синтез та дослідження неорганічних сполук, гібридних функціональних матеріалів і дисперсних систем». Це зібрання зацікавило не тільки російських учених, але і їхніх колег з України та Білорусі.

Слід зазначити, що роботи із золь-гель синтезу почали розвиватися в Україні, насамперед в Інституті фізичної хімії ім. Л.В. Писаржевського, ще на початку 30-х років минулого століття. І хоча термін «золь-гель метод» ще тоді не використовувався, але піонерні дослідження професора М.В. Полякова, виконані в цьому Інституті, продемонстрували можливість контролю властивостей оксидного сорбенту — силікагелю шляхом впливу на перебіг процесів гелеутворення. Пізніше, у післявоєнні роки і наприкінці 70-х років, розпочате професором М.В. Поляковим активно розвивалося в роботах професорів І.О. Неймарка, Д.М. Стражеска, З.З. Висоцького, І.Б. Слинякової, В.В. Стрелка та ін. У той період було опубліковано ряд монографій із золь-гель процесу (І.О. Неймарк, З.З. Висоцький, І.Б. Слинякова, В.В. Стрелко) та створено авторитетну наукову школу. Заслугує на увагу, зокрема, монографія професорів І.Б. Слинякової і Т.І. Денисової «Кремнийорганические адсорбенты: Получение, свойства, применение», що одна з перших у світі продемонструвала можливість одностадійного золь-гель синтезу гідрофобних сорбентів із використанням їх як прекурсорів трифункціональних силанів.

На початку 90-х років цей напрям успішно розвивався і в Інституті сорбції та проблем ендоекології та в Інституті хімії поверхні НАН України. Інакше кажучи, в Україні існувала потужна школа дослідників, які працювали в галузі хімії і технології золь-гель процесів. Саме з ініціативи делегації науковців із НАН України, що брала участь у згаданій вище I Всеросійській конференції, їй було надано статус російськомовної міжнародної конференції. Мета такого кроку зрозуміла — об'єднати зусилля та можливості вчених країн СНД, які працюють у цьому напрямі, у непростий для розвитку науки час.

II Конференція країн СНД «Золь-Гель—2012» відбулася 18–20 вересня в Севастополі (Україна) на базі відпочинку «Севастополь». Її організаторами виступили Інститут сорбції та проблем ендоекології та Інститут хімії поверхні ім. О.О. Чуйка НАН України за підтримки Інституту хімії силікатів ім. І.В. Гребенщикова РАН. Участь у роботі Конференції взяли 135 учених і спеціалістів з різних наукових центрів Російської Федерації (Москва, Апатити, Санкт-Петербург, Белгород, Сиктивкар, Казань, Іваново, Єкатеринбург, Новосибірськ, Красноярськ, Томськ, Владивосток), України (Київ, Дніпропетровськ, Донецьк, Харків, Одеса, Львів), Білорусі (Мінськ, Гомель), Вірменії (Єреван), Казахстану (Алмати). Про рівень цього наукового заходу свідчить також те, що в його роботі взяли участь 1 академік і 2 члени-кореспонденти НАН України, 2 члени-кореспонденти РАН. Близько половини учасників Конференції — молоді вчені та аспіранти, що, безумовно, сприятиме їхньому творчому зростанню. Крім того, з доповідями на Конференції виступили відомі науковці з таких країн, як Австрія, Угорщина, Литва, Канада, Словенія, Польща, Швеція, Чехія та Фінляндія.

Тематика «Золь-Гель – 2012» охоплювала широке коло питань:

- теоретичні аспекти золь-гель процесів;
- золь-гель синтез та дослідження наночастинок;

- золь-гель плівки, покриття і мембрани;
- гібридні неорганічні та органо-неорганічні золь-гель матеріали;
- ксерогелі, скло та об'ємні керамічні матеріали, сорбенти і каталізатори, синтезовані золь-гель методом;
- матеріали біомедичного призначення.

На Конференції було заслухано 17 пленарних лекцій і 30 наукових доповідей. Під час двох стендових сесій також було обговорено 110 стендових повідомлень. Відкриваючи Конференцію, її співголова академік НАН України В.В. Стрелко зачитав привітання-звернення до учасників «Золь-Гель — 2012» президента НАН України академіка НАН України Б.Є. Патона, а потім у стислій формі окреслив історичні аспекти розвитку хімії і технології золь-гель процесів в Україні та Росії.

Завідувач лабораторії ІХС ім. І.В. Гребенщикова РАН д.х.н. О.О. Шилова передала учасникам Конференції відеозвернення від її співголови академіка РАН В.Я. Шевченка, який, на жаль, не зміг узяти участі в роботі форуму.

Першим із пленарною лекцією «Золь-гель метод у синтезі сорбентів і каталізаторів» виступив директор ІСПЕ НАН України академік НАН України В.В. Стрелко. Доповідь була насичена суттєвим фактичним матеріалом та важливими теоретичними узагальненнями. Інститут сорбції і проблем екології має вагомий надбання в цьому напрямі, зокрема в розробленні новітніх золь-гель методів синтезу селективних неорганічних іонітів для радіоекології та медицини.

Логічним продовженням цієї теми стала лекція д.х.н. Н.А. Шабанової з Російського хіміко-технологічного університету ім. Д.І. Менделєєва (Москва) «Колоїдний кремнезем: реакційна здатність та агрегативна стійкість». Автор кількох монографій у цій галузі професор Н.А. Шабанова детально розглянула вплив різних чинників на агрегативну стійкість колоїдного кремнезему.

Теоретичні аспекти золь-гель процесів також були висвітлені в коротких доповідях к.х.н. М.С. Мельгунова з Інституту каталізу ім. Г.К. Борескова СВ РАН (Новосибірськ)

Дорогие коллеги, участники Второй конференции стран СНГ «Золь-гель 2012».

В связи с проведением в Севастополе столь авторитетного научного форума, обращаюсь к Вам со словами приветствия и доброжелательной поддержки! Разработка новых методов создания материалов с заданными свойствами — одна из важнейших задач не только нашего времени; эта проблема была актуальной всегда. Но только в последние 10–15 лет ученые-материаловеды осознали широкие возможности золь-гель методов в создании тонких высокотехнологичных приемов, обеспечивающих получение новейших функциональных материалов и изделий на их основе. Специализированные стекла, прозрачные пленки, покрытия высокого качества, сенсоры и биосенсоры, полупроводники, сорбенты и катализаторы — вот далеко не полный перечень тех материалов и изделий, где золь-гель метод проявляет и привносит свои уникальные возможности.

Активное участие Институтам Национальной академии наук Украины в организации и работе конференции мы рассматриваем как свидетельство весомого вклада украинских ученых в золь-гель науку, а также как проявление крепнущих научных и человеческих контактов ученых стран СНГ.

Завершая мое обращение, хочу пожелать участникам конференции успешной работы, живого обмена идеями и приятного человеческого общения.

*Президент НАН Украины
Президент Международной
ассоциации академий наук
Академик НАН Украины
Академик РАН*



Б.Е. Патон

Привітання президента НАН України академіка НАН України Б.Є. Патона учасникам конференції «Золь-Гель — 2012»

«Механізми самоорганізації в золь-гель та темплатному синтезі» та д.х.н. С.Д. Кирика із Сибірського федерального університету (Красноярськ) «Гідротермальна стійкість мезоструктурованого силікату МСМ-41 з точки зору траєкторії його формування».

Значне зацікавлення учасників викликали і доповіді д.х.н. Т.Г. Хоніної з Інституту органічного синтезу ім. І.Я. Постовського УрВ РАН (Єкатеринбург) «Поліолати кремнію і титану в золь-гель процесі», к.х.н. С.І. Мелешевич з ІСПЕ НАН України (Київ) «Вплив гідротермальної обробки на фізико-хімічні властивості індивідуальних та змішаних гелів на основі SiO_2 , ZrO_2 , TiO_2 »,

аспірантки К.В. Ільїної з Інституту каталізу ім. Г.К. Борескова СВ РАН (Новосибірськ) «Аерогельні матеріали: синтез, дослідження, застосування». Автори у своїх виступах продемонстрували можливість золь-гель синтезу нових матеріалів із використанням нетрадиційних прекурсорів та новітніх методів цілеспрямованого модифікування одержуваних гелів.

Робота другої секції Конференції розпочалася лекцією відомого фахівця професора Ш. Барані з Університету Мішкольца (Угорщина) «Стабілізація дисперсних систем/наночастинок полімерами», у якій він детально розглянув вплив природи полімеру, його молекулярної маси, щільності заряду, а також розміру частинок і їхньої концентрації на стабілізацію колоїдів.

Академік АН Литви А. Карейва (Вільнюс) у пленарній доповіді «Синтез золь-гель методом композитів кремнезему з вуглецевими нанотрубками» показав, що в процесі одержання таких композитів за допомогою «spin-coating technique» критичною є агрегація нанотрубок, і окреслив шляхи її уникнення.

Цікаві аспекти синтезу наноматеріалів, у тому числі наночастинок, були розглянуті й у коротких повідомленнях д.х.н. В.П. Толстого із Санкт-Петербурзького університету «Пошаровий синтез наноматеріалів з використанням в якості реагентів колоїдних розчинів», к.х.н. І.В. Мельник з ІХП ім. О.О. Чуйка НАН України (Київ) «Функціоналізовані сферичні частинки кремнезему», д.х.н. Г.М. Мурашкевич із Білоруського державного технологічного університету (Мінськ) «Нанорозмірні композиційні матеріали в системі $\text{SiO}_2 - \text{TiO}_2$ », м.н.с. І.А. Фарбун з ІСПЕ НАН України (Київ) «Цитратний метод для одержання функціональних оксидних матеріалів», к.х.н. О.О. Алексієнко з Гомельського державного технічного університету ім. П.О. Сухого «Висококремнеземне скло, структуроване відновленими біметалічними наночастинками».

Дуже важливою з погляду технологічного впровадження була пленарна лекція д.х.н. О.О. Шиловой з ІХС ім. І.В. Гребенщикова

РАН «Особливості синтезу і структури композиційних оксидних та гібридних покриттів, які одержують з кремнезолів, легованих неорганічними та органічними речовинами». У ній детально розглянуто механізм утворення мезо- і макровключених легуючих фаз, механізм формування боровмісних покриттів та умови золь-гель синтезу, які сприяють уникненню макронеоднорідностей у легованих силікатних покриттях.

Професор Y. Djaoued з Université de Moncton (Канада) у лекції «Золь-гель синтез тонких плівок пористого оксиду вольфраму: використання в електрохромних та фотохромних пристроях» теж порушив питання впровадження відповідних розробок у практику.

Цей аспект тією чи іншою мірою також було розглянуто в змістовній лекції чл.-кор. НАН України В.В. Шевченка з ІХВС НАН України «Органо-неорганічні протонобмінні мембрани для паливних комірок, одержаних золь-гель методом» та виступі О.А. Дмитрієвої з Фізико-хімічного інституту (Алмати, Казахстан) «Вплив NH_4F на структуру і фізичні властивості тонких плівок SnO_2 , синтезованих золь-гель методом».

Значну увагу впливу умов синтезу на структуру та властивості тонких плівок і мембран та їх інноваційному застосуванню було приділено у повідомленнях д.т.н. В.В. Козика з Національного дослідницького Томського державного університету (Росія) «Спрямований золь-гель синтез тонкопліткових поліфункціональних матеріалів на основі оксидів III, IV, V груп», к.х.н. Н.П. Смірної з ІХП ім. О.О. Чуйка НАН України «Наноструктурні плівки змішаних оксидів на основі діоксиду титану: синтез, структура, електронна будова, фотокаталітичні властивості», к.х.н. П.В. Кривошакіна з Інституту хімії Комі НЦ УрВ РАН (Сиктивкар) «Вивчення структури алюмооксидних керамічних мембран», к.х.н. А.І. Іванця з ІЗНХ НАН Білорусі (Мінськ) «Синтез кремнеземних мембранних матеріалів золь-гель методом».

У секційній доповіді «Нанокластери срібла на поверхні гідридполісилоксану, синте-

зованого золь-гель методом» академік НАН України В.В. Стрелко розповів про оригінальний метод контрольованої іммобілізації наночастинок благородних металів, що формуються *in situ* в поверхневому шарі гелів у процесі відновної сорбції.

Значний інтерес учасників Конференції викликала робота 4-ої та 5-ої секцій, присвячених гібридним матеріалам, ксерогелям, склу. Професор А. Хачатрян із Єреванського державного університету (Вірменія) в пленарній доповіді «Деякі хроматографічні особливості полімер-мінеральних матеріалів для заповнення колонок» розглянув спочатку особливості синтезу мікросферичного кремнезему за допомогою гідротермального оброблення мезопоруватого силікагелю, потім — нанесення на поверхню сферичних частинок полімерного шару з метою ефективного використання у ВЕРХ із оберненою фазою.

Можливості застосування золь-гель методу для одержання селективних сорбентів, хемосенсорів та іонітів було показано в доповідях професора А. Лобнік з Університету Марибор (Словенія) «Оптичні хемосенсори на основі золь-гель методу», д.х.н. Ю.Л. Зуба з ІХП ім. О.О. Чуйка НАН України «Реакція гідролітичної поліконденсації алкоксисиланів у одержанні гібридних органо-неорганічних матеріалів», к.х.н. Є.К. Папинова з Інституту хімії ДСВ РАН (Владивосток) «Темплатний синтез пористих силікатів кальцію з використанням силоксан-акрилатних емульсій», доктора М. Барчак з Університету ім. М. Кюрі-Склодовської (Люблін, Польща) «Мезопоруваті органокремнеземи SBA-15 і SBA-16 як сорбенти іонів важких металів», д.х.н. В.В. Мілютіна з Інституту фізичної хімії і електрохімії ім. О.Н. Фрумкіна (Москва) «Сучасні сорбційні матеріали в радіохімії і очищенні радіоактивно-забруднених стічних вод», чл.-кор. РАН А.І. Ніколаєва з Інституту хімії і технології рідкісних елементів і мінеральної сировини ім. І.В. Тананаєва (Кольський НЦ РАН, Апатити) «Синтез неорганічних іонообмінників з використанням колоїдного титанвмісного пре-

курсора, одержаного золь-гель методом», чл.-кор. НАН України Б.Ю. Корніловича з Національного технічного університету України «КПІ» «Золь-гель синтез сорбентів на основі природних шаруватих силікатів».

На завершення роботи Конференції було заслухано пленарну доповідь відомого вченого професора В.Г. Кесслера з Агрономічного університету Уппсала (Швеція) «Металорганічний золь-гель синтез, модифікування поверхні і аспекти застосування біосумісних металоксидних наноматеріалів», де він показав можливість ефективного застосування ПАР для контролю поруватої структури під час одержання оксидів металів.

Доктор К. Соукуп з Інституту основ хімічних процесів АН РЧ (Прага) у доповіді «Техніка електроспіннінгу для одержання біомедичних матеріалів» звернув увагу на можливість і перспективність нових методів синтезу нановолокон, із яких можна формувати мембрани тощо.

Насамкінець д.х.н. В.К. Іванов з ІЗНХ РАН (Москва) у доповіді «Нанокристалічний діоксид церію — перспективний матеріал для біомедичного застосування» виклав результати багаторічних міждисциплінарних досліджень, присвячених аналізу механізмів формування, розробленню методів спрямованого синтезу, вивченню фізико-хімічних властивостей і біологічної активності нанокристалічного діоксиду церію.

Вагомий внесок у роботу Конференції «Золь-Гель — 2012» зробили дві стендові сесії, де відбулися жваві дискусії між молодими дослідниками і їхніми старшими колегами.

У результаті змістовного обміну думками учасники Конференції після її завершення ухвалили, що:

- заслухані доповіді в галузі хімії і технології золь-гель процесів відзначаються високим рівнем фундаментальних та прикладних результатів і відповідають сучасному стану золь-гель науки;
- результати багатьох експериментальних досліджень можуть з успіхом претендувати на застосування в промисловості, зокрема для вирішення проблем захисту

навколишнього середовища, а також у каталізі, технологіях очищення питної води, виробництві лікарських препаратів, створенні нових матеріалів із нетрадиційними і часом унікальними властивостями;

- проведення II Конференції країн СНД «Золь-Гель — 2012» сприяло поглибленню співпраці між ученими близького, а також далекого зарубіжжя і, безумовно, стало імпульсом для створення нових неформальних творчих колективів;

- рекомендувати учасникам Конференції опублікувати представлені ними результати в спеціальних випусках журналів «Фізика і хімія скла» (РАН) та «Journal of Sol-Gel Science and Technology» (Springer);

- подякувати Президії НАН України, Президії РАН та РФФД за фінансову підтримку Конференції, завдяки чому стало можливим проведення в її рамках спільного Україно-

російського наукового семінару «Нові горизонти в дизайні функціональних матеріалів із використанням золь-гель методу».

Безперечно, проведення II Конференції країн СНД «Золь-Гель — 2012» в Україні стало непересічною подією і викликало значне зацікавлення з боку спеціалістів, які працюють у галузі хімії і технології золь-гель процесів. Це свідчить про те, що в Україні сформувалася сильна наукова школа в цьому напрямі, яка має значні досягнення і користується повагою міжнародної спільноти.

Учасники форуму вирішили, що наступна, III Конференція країн СНД «Золь-Гель — 2014» має відбутися в Суздалі (організатор — Інститут хімії розчинів ім. Г.О. Крестова РАН, Іваново, РФ), а IV Конференція країн СНД «Золь-Гель — 2016» — у Єревані (організатор — Єреванський державний університет, Вірменія).