

# ОПЫТ РОССИЙСКО-КОРЕЙСКОГО СОТРУДНИЧЕСТВА В НАНОТЕХНОЛОГИИ

И. Яминский  
yaminsky@nanoscopy.net

Международное сотрудничество связано с рядом проблем и сложностей. Это и языковой барьер, и географическая удаленность людей друг от друга. Различия могут накладывать исторически сформировавшиеся особенности культуры, которые необходимо не только учитывать, но и следовать им в общении. Не стоит забывать и о разнице в часовых поясах, правилах перехода с зимнего времени и обратно. Несомненно, надо помнить о национальных праздниках, о тех днях, когда людям можно не ходить на работу. При таком сотрудничестве всегда существует дефицит общения, который можно восполнить четким планированием и расписанием совместных работ, разумной промежуточной отчетностью.

Первая рабочая встреча по нанотехнологиям между учеными МГУ им. М.В. Ломоносова и Корейского института науки и технологий (КИНИТ) прошла в Сеуле 13–14 ноября

2007 года. По ее результатам был издан обширный сборник докладов всех участников мероприятия [1].

Вторая рабочая встреча прошла в Москве, в МГУ

им. М.В.Ломоносова 23–24 июня 2008 года. Ее итог – не только новый объемный сборник трудов [2], но и реальная заинтересованность в совместной работе. От участников мероприятия поступили предложения по объединению усилий в создании высокочувствительных кантилеверных сенсоров. В результате в проекте приняли участие объединенная группа сканирующей зондовой микроскопии (СЗМ) (МГУ им. М.В. Ломоносова) и лаборатория проф. Т.С. Кима (КИНИТ). Главные задачи проекта – оценить возможности кантилеверных сенсоров и создать прибор с высокой чувствительностью и избирательностью. В качестве объекта исследований была выбрана последовательность оснований в цепочке ДНК.

Следует напомнить, что кантилевер – балка, закрепленная с одного конца. Термин пришел из английского языка (cantilever). В свое время приме-



Административное здание КИНИТ, где проходила первая рабочая встреча по нанотехнологии российских и корейских ученых



**На заседании российско-корейского совещания по нанотехнологии в Москве (июнь 2008 г.). На переднем плане – проф. Т.С. Ким (T.S. Kim)**

не кантилевера, кантилевер – микроконсоль, зонд – чип с консолью и иглой на ее окончании. (В английском языке используются соответствующие термины – tip, cantilever, probe.)

Таким образом, с момента появления СЗМ кантилевер стал тем чувствительным элементом зонда, по изгибу которого оказалось возможно измерять ничтожно малые силы на уровне 10-10 Н и меньше. Новое применение кантилевер нашел при создании другого прибора – атомных весов, которые могут работать

«Наноиндустрия» [3].) В другом режиме работы атомных весов, который больше подходит для измерений в жидкости, изгиб кантилевера происходит по мере роста монослойной пленки вещества на одной из его сторон. Межмолекулярные силы в монослое приводят к заметному макроскопическому изгибу кантилевера, регистрируемому оптической системой. Чувствительность этого режима тоже находится на рекордном уровне.

Именно развитие метода атомных весов для регистрации макромолекул стало предметом совместного российско-корейского проекта, участниками которого является группа проф. Т. Кима и группа зондовой микроскопии (МГУ им. М.В. Ломоносова).

В результате научного сотрудничества был усовершенствован разрабатываемый в МГУ прибор – атомные весы, который успешно применяется корейскими партнерами для детектирования фрагментов молекул ДНК. По результатам совместной работы подготовлены тезисы докладов и публикации [3, 4].

### Литература

1. KIST-Moscow State University Joint Workshop on Nanotechnology. Korea Institute of Science and Technology, Seoul, Korea. 13–14 November 2007.
2. The 2nd Russia-Korea Joint Seminar on Nanotechnology. Moscow (Russia), 23–24 June 2008. – 382 p.
3. Ким Т., Ким С., Ванг К., Киселев Г., Яминский И. Кантилеверные сенсоры: возможности и применения. – Наноиндустрия, 2009, № 5, с. 34–37.
4. Горелкин П.В., Киселев Г.А., Мухин Д.С., Kim T.S., Kim S.K., Lee S.M., Яминский И.В. Использование биоспецифических реакций для создания высокочувствительных сенсоров на основе наномеханических кантилеверных систем. Высокмолекулярные соединения. Сер. А, 2010, т. 52, № 10, с. 1–12.

нение кантилеверов привело к технической революции при строительстве мостов. Выступающие на много метров консоли (кантилеверы) придавали конструкциям мостов не только изящество и красоту, но и значительно упрощали технологию их строительства. Это объясняется тем, что кантилеверные мосты можно возводить практически без временных сооружений: опор, столбов и дамб. Колебания и дополнительный изгиб кантилеверов мостов – явление нежелательное. Как отмечали специалисты, мост должен быть жестким и крепким и выдерживать необходимые нагрузки.

В СЗМ миниатюрную балочку, на свободном конце которой сформирована острая игла, также назвали кантилевером. В отличие от мостов в СЗМ дополнительный изгиб кантилевера под действием внешней силы – явление полезное и используется для измерения величины этой силы. В зондовой микроскопии кантилевер – это микроконсоль только с иглой или с иглой и кремниевым чипом, к которому она прикрепена одним своим концом, – однозначное определение в современной терминологии отсутствует.

Для определенности будем использовать следующие термины: игла – острие на верши-

в двух режимах. В первом регистрируется резонансная частота механических колебаний кантилевера. Если на нем размещается дополнительная масса, происходит изменение резонансной частоты колебаний такой микробалки. По этому изменению можно определить величину присоединенной массы. (О том, как с помощью кантилеверных атомных весов измеряли массу бактерии, одиночного белка и даже атома золота, уже писалось в журнале



**Аспирант физического факультета МГУ им. М.В. Ломоносова А. Ерофеев проводит эксперименты на атомных весах – наномеханическом кантилеверном анализаторе**