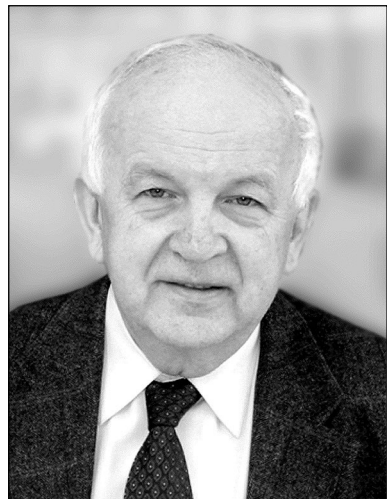


НА ПЕРЕДНЕМ КРАЕ НАУКИ

Новые перспективы

Во всём мире источники электромагнитного излучения, основанные на электронных пучках — источники синхротронного излучения (СИ), лазеры на свободных электронах (ЛСЭ) — являются инфраструктурой для развития различных наук, включая физику, химию, биологию, материаловедение, а также и для развития технологий. Так, в США самые крупные центры нанотехнологий созданы при пяти государственных лабораториях, имеющих источники СИ.



Г.Н. Кулипанов
заместитель директора ИЯФ, академик

Новосибирские источники СИ достаточно старые — так, на ВЭПП-3 мы работаем с 1973 года. В то время ВЭПП-3 входил в тройку лучших источников СИ в мире наравне со SPEAR (SLAC, США) и DORIS (DESY, Германия), а наши работы не только соответствовали мировому уровню, но и во многом определяли его. Первые биологические эксперименты на пучках рентгеновского синхротронного излучения были проведены на импульсном синхротроне DESY в Гамбурге в 1971 году, где было показано, что рентгеноструктурный анализ мышц лягушки можно сделать за время ~ 12 минут, что было в 100 раз быстрее по сравнению с тем, что получали, используя лучшие рентгеновские трубки.

Через два года в Новосибирске был выведен пучок синхротронного излучения из накопителя электронов ВЭПП-3, источника на много порядков более яркого по сравнению с синхротроном DESY. Это позволило в 1973 году группе профессора М. Мокульского из московского Института молекулярной генетики РАН получить первые в мире дифрактограммы Cs солей ДНК. В следующем 1974 году группа А. Вазинной из Института биофизики РАН (Пушино) начала эксперименты по изучению динамики изменения структуры мышцы в процессе сокращения. Используя быстрый однокоординатный детектор, разработанный и созданный в ИЯФе, рентгенограмму мышцы удалось регистрировать за 10 секунд (!). Затем, применяя специальные методы, удалось наблюдать, как изменяется структура мышцы во время сокращения с временным разрешением 2 миллисекунды (!).

Первый в мире сверхпроводящий вигглер был также изготовлен в ИЯФе и установлен на накопителе ВЭПП-3 в 1979 году. Мощность пучка СИ из этого двадцатипольного вигглера с полем 3,3 Тл и периодом 9 см была ~ 1,2 кВт. Яркость пучка СИ в области длин волн ~ 1 ангстрем была повышена в 200 раз по сравнению с излучением из поворотных магнитов. Это позволило группе А. Артемьева из Института атомной энергии им. И.В. Курчатова впервые в мире продемонстрировать ядерно-брегговскую монокристаллизацию излучения.

На базе лабораторий ИЯФ в 1981 году был организован Сибирский центр синхротронного излучения. Долгое время он был единственным российским центром, где велась постоянная работа на пучках СИ в рентгеновском диапазоне. За время работы Центра вокруг него сложилась уникальная инфраструктура, позволяющая проводить оригинальные исследования. Эффективная работа центра обуславливается также тесным сотрудничеством с соседними институтами Академгородка и сильными междисциплинарными связями. Кроме того, тесные связи с другими научными центрами сибирского региона (Томск, Красноярск, Иркутск, Барнаул) привели к созданию совместных исследовательских коллективов, вовлечённых в различные совместные проекты по разным научным направлениям.

Большую помощь последние пять лет нам оказывало Министерство науки и образования, которое специальными грантами поддерживало работу нашего Центра коллектив-

ного пользования. Благодаря этому в последние годы здесь произошло существенное обновление аппаратуры, были созданы новые экспериментальные станции.

Ежегодно на основании работ, выполненных в Сибирском центре синхротронного излучения, публикуется в среднем около ста пятидесяти статей в рецензируемых журналах и делается около ста докладов на научных конференциях.

За последние пять лет очень интересные результаты получены на единственной не только в России, но и в мире станции по исследованию взрывных и детонационных процессов. Это дифрактометрия с субмикросекундным временным разрешением, когда один кадр снимают за наносекунду (одна миллиардная доля секунды), а через 125 наносекунд появляется следующий кадр. Для этого нужно было решить задачу не только с синхротронным излучением, но и разработать специальный детектор DIMEX, что успешно сделала команда под руководством сотрудников нашего института В.М. Аульченко и Л.И. Шехтмана. Была создана экспериментальная станция, которая активно используется новосибирскими институтами (Гидродинамики, Химии твёрдого тела и механохимии, Ядерной физики), а также группами из Москвы, ядерных центров Снежинска и Арзамаса.

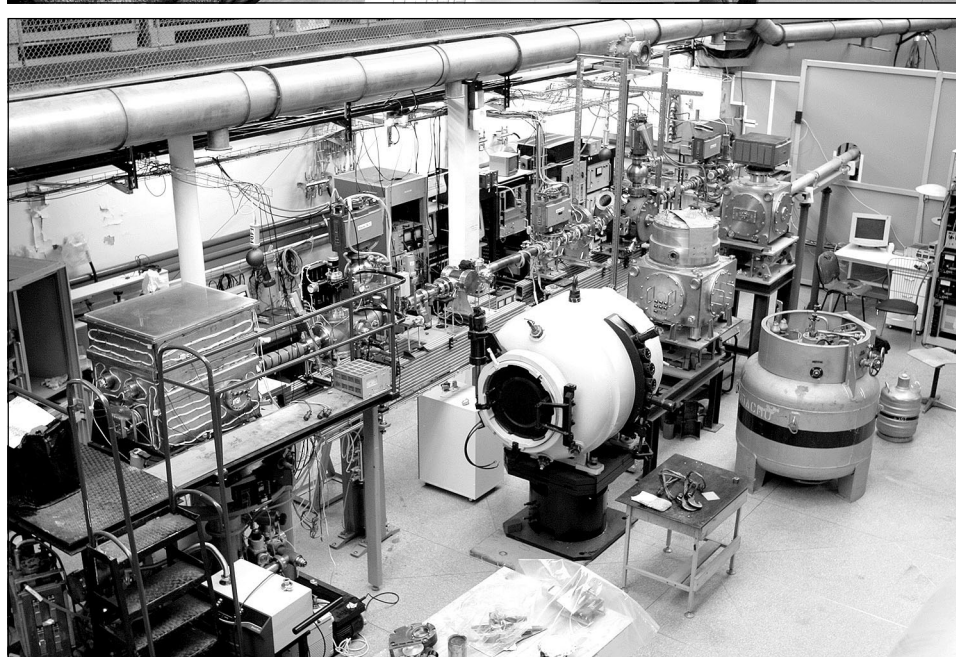
Плодотворно работает Институт катализа СО РАН. Катализаторы, которыми они занимаются, проходят станцию EXAFS-спектроскопии. Работ по катализу выполнено очень много, практически все они носят прикладной характер и направлены на разработку конкретных катализаторов или на их тестирование. Причём Институт катализа работает не только на своих объектах, но и на объектах, разрабатываемых в других центрах, как российских, так и зарубежных.

Широкие перспективы открывают результаты, полученные в прошлом году на экспериментальной станции миллисекундного рентген-дифракционного кино. Эти эксперименты ведёт Институт химии твёрдого тела и механохимии СО РАН. Возможность быстро снимать и получать информацию о структуре позволила определить тот диапазон температур, в котором из стеарата серебра образуется гель из монодисперсного серебра диаметром 6 нанометров. А затем, также с использованием синхротронного излучения, был отработан режим получения фотонных кристаллов с периодом 8 нанометров. Пока они небольшие размеры, 20х30 микрон, но это только начало. В будущем их можно будет использовать для различных оптических элементов.

Активно используют станцию рентгенофлуоресцентного элементного анализа для изучения распределения различных элементов в кернах донных осадков различных сибирских озёр сотрудники Института лимнологии, Института геохимии (Иркутск) и геологи из Новосибирска. В донных осадках записана история Земли, поэтому из результатов экспериментов удаётся извлечь информацию об изменениях климата на Земле в разных масштабах времени от сотен тысяч до десятков лет. Некоторые из этих результатов подтверждают известные теории (скажем, циклы Миланковича или модуляцию амплитуды океанических приливных волн), другие ждут своего объяснения.

Однако, несмотря на то, что в Сибирском центре СИ было сделано и делается огромное количество интереснейших работ, из-за отсутствия финансирования мы не развивали собственные источники СИ и на сегодняшний день, к сожалению, уже заметно отстали от ведущих зарубежных центров, в том числе и от тех, куда поставляем генераторы синхротронного излучения. Различные элементы специализированных источников СИ Институт ядерной физики СО РАН поставляют в Англию, Германию, Францию, Швейцарию, Испанию, США, Бразилию, Японию.

В 80-е годы во многих странах мира были построены накопители электронов — специализированные источники синхротронного излучения, имеющие малый размер электронного пучка, большой ток и, соответственно, высокую яркость. Кроме того, структура накопителей позволяла устанавливать специ-



альные генераторы СИ — многополюсные вигглеры, также повышающие интенсивность и яркость источников. Эти накопители электронов стали вторым поколением источников синхротронного излучения.

В нашей стране в начале 90-х годов также была подписана программа создания специализированных источников синхротронного излучения, объединяющая Минсредмаш (ИАЭ им. И.В. Курчатова), Минэлектронпром (НИИФП, Зеленоград), Академию наук (ИЯФ СО РАН, ИК РАН). В 1992 году ИЯФ им. Г.И. Будкера СО РАН поставил и запустил в ИАЭ им. И.В. Курчатова накопитель «Сибирь-1» и начал строительство накопителя «Сибирь-2» для ИАЭ и накопителя ТНК в Зеленограде. Сложные времена 90-х годов на 15 лет остановили строительство ТНК и замедлили строительство «Сибирь-2». В то же самое время во многих странах (включая Китай, Бразилию, Тайвань, Индию) продолжалось строительство источников СИ второго поколения, а также были созданы источники СИ третьего поколения, где в качестве основных генераторов излучения используются ондуляторы, что позволило увеличить яркость источников ещё на много порядков. В результате в настоящее время на земном шаре работает более пятидесяти различных источников синхротронного излучения. Около 50 тысяч исследователей из различных областей науки регулярно используют это излучение для решения разнообразных задач. За последние 20 лет четыре Нобелевских премии в области физики — в 1989 г., 1997 г., 2004 г. и 2006 г., а также две Нобелевских премии в области химии — за 2008 и 2009 годы, были вручены за работы, выполнение которых было связано с использованием синхротронного излучения.

За последние годы наблюдается сильное отставание России от других стран,

связанное с отсутствием новых современных источников синхротронного излучения (даже «Сибирь-2» — это источник СИ второго поколения). Для развития науки и технологий (биология, химия, физика, материаловедение, нанотехнологии) на современном уровне требуется создание нескольких источников синхротронного излучения третьего поколения в регионах (в первую очередь, в Новосибирске). В ИЯФе разработан проект относительно компактного источника синхротронного излучения на базе накопителя электронов с использованием сверхпроводящих магнитов и сверхпроводящих вигглера и ондуляторов. Это будет источник СИ нового поколения три плюс, по яркости, жёсткости излучения он сравним с лучшими источниками, которые есть в мире. Для того, чтобы реализовать наш проект, нужно примерно три миллиарда рублей. Проект включён в концепцию развития Сибирского отделения до 2020 года.

Проекты здания и источника синхротронного излучения уже подготовлены — сделана вся необходимая предварительная работа. Строительство предполагается на территории Института ядерной физики с выходом на улицу Инженерную и улицу Будкера. Здание будет удобно не только для размещения накопителя, но и для работы пользователей: там предусмотрены специальные помещения для подготовки образцов, комнаты для размещения персонала из других институтов, который будет прикомандирован к этому центру. Со временем планируется разместить в этом центре около пятидесяти экспериментальных станций.

На снимках:
— станция «Элементный анализ»;
— бункер ВЭПП-4 для работы с синхротронным излучением.