



емкий и высокотехнологичный бизнес, который активно использует время на СИ. Готова ли к таким работам российская промышленность — отдельный вопрос. Ведь для работ на СИ нужны целенаправленные вложения на подготовку кадров и самих образцов. Во-вторых, миллиардные вложения в передовую науку практически никогда не окупаются непосредственно. Государство, которое строит у себя источник СИ последнего поколения, получает настолько значимые преференции на международном уровне в научной и технологической сфере, что прямой подсчет экономической выгоды не имеет смысла.

Резкий скачок исследовательских возможностей положительно сказывается практически на всех уровнях — от фундаментальной и прикладной науки до наукоемких производств как малого бизнеса, так и большой промышленности. В Италии, например, есть станция СИ, на которой обследуют пациентов, выявляя опухоли на ранних стадиях, — как мы уже знаем, доза облучения на любом источнике регулируется, луч получается узконаправленный и очень яркий, отсюда — высокая контрастность изображения, а разрешение (плотность точек) снимка на порядки больше, чем на самом лучшем томографе. Упрощенно описать возможности источников СИ по сравнению с существующими высокотехнологичными методами исследований можно, используя выражение «на порядки»: на порядки ярче и детальнее изображение, на порядки быстрее анализ, на порядки точнее результат, на порядки больше функций.

Что позволяет делать СИ

Заместитель руководителя проектного офиса ЦКП «СКИФ», руководитель лаборатории перспективных синхротронных методов исследования Института катализа им. Г. К. Борескова СО РАН Ян Зубавичус поясняет принцип работы станции: «Рентгеновский пучок формируется на длинной многополюсной структуре из магнитов под названием ондулятор. Излучение пучка после ондулятора очень узконаправленное, а после рефракционных линз, которые установлены на этой станции, он сжимается еще сильнее и составит десятки, максимум сотни нанометров. На такой станции будет удобно производить неразрушающий флуоресцентный анализ химического состава образцов».

«Фактически здесь производится картографирование элементного состава с шагом, определяемым размером рентгеновского пучка-зонда. Это актуальные исследования для геологии и для археологии и, собственно, для разработки катализаторов, в которых главную роль играют активные компоненты (например, наночастицы благородных металлов, таких как платина или золото), которых в исследуемом веществе совсем немного. Ни один инструментальный метод физико-химического анализа не может сравниться ни по скорости, ни по информативности с технологией СИ. Кроме того, в синхротроне можно исследовать не только структуры, но и процессы, отслеживая структурные изменения за кратчайшие промежутки времени — пикосекунды. Например, можно максимально реалистично смоделировать внутри камеры станции реальный каталитический процесс, происходящий в автомобильной системе дожигания выхлопных газов или в каталитическом реакторе».

«Источник СИ, в отличие от других методов исследований, обладает большой гибкостью настроек и потому дает существенную свободу по созданию условий, приближенных к реальным. В частности, для многих процессов не подходит вакуум, поскольку изучается, допустим, присоединение продуктов неполного сгорания топлива к катализатору (экологические проекты в энергетическом секторе). Для этого существуют специальные «камеры плохого вакуума», внутри которых ученые помещают небольшое количество газов и взаимодействующих веществ и могут наблюдать эффективность работы катализатора, в буквальном смысле подсчитывая количество присоединенных молекул вредных выбросов».

— Канал для исследования ударно-волновых процессов.

Кристаллические вирусы

Самые передовые и актуальные исследования на источниках СИ касаются белковой кристаллографии. Для этих работ в ЦКП «СКИФ» будет предназначено сразу несколько станций СИ. Одна из них — специализированная станция структурной вирусологии одного из крупнейших в России научного центра вирусологии и биотехнологий «Вектор». Кроме непосредственного облучения образцов, на этих станциях нужно будет обеспечить и их подготовку, ведь многие из белковых кристаллов подвержены быстрому разрушению. Для этого будет построена чистая лаборатория, обеспечивающая полную биологическую безопасность выполняемых работ непосредственно вблизи станции.

«Выделение и кристаллизация белков — это кропотливая, многоэтапная, дорогостоящая и очень долгая работа, которая производится методом комбинаторного скрининга, — поясняет Ян Зубавичус. — С применением технологий генной инженерии кусок ДНК (гена), кодирующий внутриклеточный синтез определенного белка, вставляется, например, в ДНК кишечной палочки, чтобы она наработала несколько миллиграммов этого белка. Затем его долго чистят, выделяют и создают подходящие условия для кристаллизации. Далеко не все белки кристаллизуются, а из тех, которые подвержены данной процедуре, каждый требует своих условий. Одному белку нужна пониженная влажность, другому определенная температура».

Теме структурной биологии на СИ посвящен целый раздел биологической науки, которая очень развита, но, главным образом, за рубежом. Число же российских биологов в этой области невелико. При огромной производительности станции (несколько минут на образец) загрузить ее заказами от отечественной науки и производства пока нереально. Но предложение со временем должно будет сформировать спрос. Сейчас общее число пользователей синхротронных центров в мире составляет около 10 тыс. исследовательских групп в год. Так что создателям ЦКП «СКИФ» есть на что рассчитывать.

МАРИЯ РОГОВАЯ

РОССИЙСКАЯ ИСТОРИЯ ИСТОЧНИКОВ СИ

Академик Геннадий Кулипанов: «Несмотря на то что наука интернациональна, российские ученые в этой области внесли определяющий вклад. Первые две работы были сделаны на рубеже XX века одним французом и одним англичанином. Изучалось излучение электронов, движущихся по окружности. Связано это было в то время с теорией атома, занимались различными его моделями. Если электрон вращается вокруг атома, то, в соответствии с классической физикой, должен излучать. Были получены какие-то формулы, нерелятивистские».

Первым, кто написал релятивистские формулы (и задача была уже связана с астрофизикой), был Исаак Померанчук. В 1939 году он задался вопросом: «Какая максимальная энергия у космических лучей, доходящих до поверхности Земли?» Земля обладает магнитным полем с индукцией порядка 1 Гс. Поле небольшое, но поскольку расстояния большие и мощность излучения пропорциональна квадрату энергии частиц, то получается ограничение на максимальную энергию первичных электронов, приходящих из космоса. Потом была атомная программа, американцы и мы делали атомную бомбу. В то время электронные ускорители использовались для того, чтобы исследовать обжигание ядерного

заряда. В работах российских (тогда — советских) физиков Померанчука, Иваненко и Арцимовича 1946 года были получены все релятивистские формулы. Очень важным было открытие основоположника ускорительной техники Владимира Векслера принципа автофазировки в 1944 году. На год позже, независимо, оно было сделано в США. Векслер предложил новый метод ускорения, синхротронный, когда ставится ВЧ-резонатор и потери на СИ, какими бы большими они ни были, могут компенсироваться за счет потребления энергии, за счет ускорения от ВЧ-резонатора. Появились синхротроны, по названию которых стало называться и излучение. Нобелевскую премию за это открытие ему не дали, поскольку Советский Союз не выдвинул вовремя кандидатуру Векслера. Мало кто знает о вкладе в работы по СИ академика Виталия Гинзбурга, получившего в 2003 году Нобелевскую премию за исследования по сверхпроводимости. В 1947 году он опубликовал работу «Об излучении микрорадиоволн», где фактически изобрел ондуляторы (тогда он их так не называл, конечно). Он впервые рассмотрел излучение релятивистских электронов в периодических структурах (ондуляторах) и получил все формулы. Сейчас ондулятор — это основной элемент магнитной структуры источников СИ».

— Вид сверху. Графическое изображение

