



Эскизный проект здания ЦКП «СКИФ».

Структура магнитов в установке «СКИФ» позволяет достичь эмиттанса 0,05 нм, или 50 пикометров. Эти показатели для источника поколения 4+ оптимальны. Руководитель лаборатории синхротронного излучения Института ядерной физики им. Г. И. Будкера СО РАН Константин Золотарев пояснил, что для исследователей представляет интерес именно рентгеновский диапазон излучения, поскольку длина волны в этом диапазоне сопоставима с размером атома или одной ячейки анализируемого кристалла. «Все, что человечество знает сегодня о кристаллах, — это информация, полученная с помощью дифракции в рентгеновском излучении», — отметил ученый.

«Расстояние между атомами сравнимо с длиной волны этого излучения, поэтому мы имеем дифракцию и получаем координаты каждого атома, даже если это очень сложная молекула. Самое актуальное направление — это белковая кристаллография. Сами по себе белки, разумеется, не являются кристаллами, но чтобы можно было исследовать их на источнике СИ, они должны быть кристаллизованы, что требует большого труда, денег и времени. Кристаллизация некоторых белков может занимать месяцы. Затем, чтобы не испортить полученный кристалл во время доставки и облучения, его замораживают жидким азотом».

Белковые макромолекулы очень сложны — они могут содержать десятки тысяч атомов. И единственный надежный способ ее идентифицировать — это снять ее спектр. Именно это позволяет сделать рентгеновское излучение в соответствующем диапазоне длин волн.

Космические технологии

Одной из первых пользовательских станций в России стала в 2007 году станция «Космос» на кольцевом ускорителе ВЭПП-4. В вакуумной камере она имитировала солнечное излучение в кос-



Схема размещения исследовательской инфраструктуры.

Источники СИ

В мире сейчас действует несколько десятков источников синхротронного излучения. Еще недавно считалось, что развитие источников на основе накопителей электронов достигло предела. Однако в 2014 году в США в Брукхейвенской лаборатории (Brookhaven National Laboratory) заработал накопитель-источник СИ NSLS II (National Synchrotron Light Source) с энергией электронного пучка 3 ГэВ, длиной орбиты 792 м и эмиттансом 0,5 нм. Силами Института ядерной физики им. Г. И. Будкера СО РАН для этого источника был сделан синхротрон-бустер — оборудование для ускорения электронного пучка до необходимой энергии. В 2016 году в Университете Лунда (Швеция) был запущен накопитель MAX IV с энергией пучка 3 ГэВ, периметром 528 м и эмиттансом 0,2–0,3 нм. Во Франции (Гренобль) приступили к реконструкции Европейского источника СИ ESRF (European Synchrotron Radiation Facility). Фактически это будет новый накопитель, использующий существующую инфраструктуру и позволяющий при той же энергии и длине орбиты (6 ГэВ

и 844 м) уменьшить эмиттанс в 30 раз — он составит 0,13 нм, а к названию установки добавятся три буквы ESRF EBS — «исключительно яркий источник» (Extremely Brilliant Source). Если считать, что каждое поколение источников соответствует улучшению какого-либо важного параметра на порядок, можно говорить о появлении нового, четвертого поколения циклических источников СИ. Планы создания новых источников СИ или модернизации существующих с эмиттансом существенно меньше 1 нм есть в различных лабораториях Европы, США, Японии, Китая. В России сейчас работают источники СИ первого поколения ВЭПП-3 и ВЭПП-4 (аббревиатура ВЭПП означает встречные электрон-позитронные пучки), сделанные в ИЯФ им. Г. И. Будкера СО РАН для исследований по физике элементарных частиц. Еще один специализированный источник СИ второго поколения — «Сибирь-2», сконструированный тем же коллективом новосибирских физиков для НИЦ «Курчатовский институт». На этом синхротроне с энергией 2,5 ГэВ и эмиттансом 90 нм сейчас работает около десятка станций по разным направлениям науки.

Кто заплатит за СИ

Для некоторых российских ученых исследования на станциях СИ — обычная работа, которую они регулярно ведут за рубежом, где время для исследований выделяется безвозмездно. А как же в таком случае окупаются миллиардные вложения? Во-первых, во всем мире заметную часть потребителей СИ представляет науко-