



Михаил Ковальчук

доктор физико-математических наук,
профессор, член-корреспондент РАН

Когда в 1901 г. Шведская академия наук решала, кто достоин быть в числе первых лауреатов только что учрежденной научной премии, в вопросе физической номинации ни у кого сомнений не возникло. Первую Нобелевскую премию по физике получил «в знак признания необычайно важных заслуг перед наукой, выразившихся в открытии замечательных лучей, названных впоследствии в его честь» руководитель кафедры физики университета Мюнхена доктор Вильгельм Конрад Рентген



Первооткрыватель рентгеновских лучей
Вильгельм Конрад Рентген (1845–1923)



Первый рентгеновский снимок кисти
руки супруги Рентгена Анны Берты
(декабрь 1895 г.)



Основатель отечественной рентгеновской школы
Абрам Федорович Иоффе

Сколько лет метанауке?

Безусловно, Рентген дал ученым, и не только физикам, но и химикам, биологам, медикам, в руки инструмент, с помощью которого было построено все материаловедение XX в. И сегодня самые сложные и совершенные научные приборы, помогающие проникать в глубинные тайны Вселенной, основаны на использовании открытого Рентгеном излучения. Можно смело утверждать, что все прорывные открытия начала прошлого века были сделаны с помощью рентгеновских лучей. Они стали буквально универсальным средством изучения свойств материи, а развитие методов применения рентгеновских лучей сыграло огромную роль в формировании всей современной науки.

Луч без света

8 ноября 1895 г. в своей лаборатории при Вюрцбургском университете доктор Рентген экспериментировал с электрическими разрядами в стеклянных вакуумных трубках. Когда стрелки на часах вплотную подошли к полночи, Вильгельм Рентген собрался домой, прикрыл черным картонным чехлом основной рабочий инструмент — катодную трубку и погасил в помещении свет. Но ученый заметил на экране из синеродистого бария светящееся пятно непонятной природы. Вне всякого сомнения, это был отблеск какого-то светового луча, отражавшегося от зеркала или исходившего из какого-нибудь отверстия. Иногда говорят, что Рентгену просто повезло: он обратил внимание на то, что раньше



«По поводу этого явления проще всего предположить, что черный картон, непрозрачный ни для видимых и ультрафиолетовых лучей Солнца, ни для лучей электрической дуги, пронизывается каким-то агентом, вызывающим энергичную флюоресценцию. В таком случае нужно прежде всего исследовать, обладают ли этим свойством и другие тела. Легко найти, что все тела проницаемы для этого агента, но в различной степени»

Вильгельм Рентген. О новом роде лучей (1895 г.)

Открытие немецкого ученого почти мгновенно завоевало мир. Первый медицинский рентгеновский снимок закрытого перелома кости руки американские ученые сделали уже 20 января 1896 г., менее чем через месяц после публикации. Новое открытие было настолько же простым, насколько и невероятным, тем более что природу лучей разгадать пока никто не мог. Десятки и сотни лабораторий во всех концах света повторяли и перепроверяли эксперименты Рентгена, а журналы и газеты выдавали тысячи статей, одна невероятнее другой. На публичные лекции, в ходе которых демонстрировалось действие лучей, народ валил толпами. Джозеф Томсон, проводя в Кембридже опыты с X-лучами, пришел к открытию электрона.

Экспериментировали с ними и другие выдающиеся физики, такие как создатель первой в России физической школы Петр Николаевич Лебедев и изобретатель радио Александр Степанович Попов. Немецкая рентгеновская научная школа вообще дала сильный толчок для развития российской науки. Одним из первых сотрудников Рентгена был Абрам Федорович Иоффе, успешно стажировавшийся у него в Мюнхенском университете. В 1918 г. Иоффе стал руководителем физико-технического отдела Государственного рентгенологического и радиологического института в Петрограде, директором которого был Михаил Исаевич Неменов. Позже именно из этого отдела произошел знаменитый Физтех.

оставалось незамеченным, и буквально наткнулся на открытие. Но часто гениальность в этом и проявляется — в умении и потребности задавать вопросы, какие до этого никто не задавал.

Не зажигая свет, ученый попытался определить источник светящегося пятна, однако это долгое время ему не удавалось. Листы картона, которыми он пытался «поймать» луч, не помогали: пятно продолжало оставаться на экране, никак не проявляясь на листах. Тогда Вильгельм начал манипулировать с самим экраном, перемещая его по лаборатории. Таким образом, он довольно быстро установил, что источник находится под тем самым черным картонным чехлом, которым он четверть часа назад накрыл катодную трубку, которую, оказывается, забыл отключить. Рентген почувствовал, что находится на пороге чрезвычайно важного открытия. Он выключил трубку, и пятно моментально исчезло, включил — и оно появилось вновь. Не выключая трубку, он снова прикрыл ее совершенно непрозрачным и достаточно плотным чехлом. Пятно на экране продолжало

*Все то, что наблюдал
Рентген, казалось настолько
невероятным, что он боялся,
что коллеги поймут его
неверно, если он не опишет
новое явление во всех
подробностях*

светиться так же, как будто никакого препятствия между ним и трубкой не было. Всю ночь ученый занимался тем, что ставил на пути неведомого и невидимого луча различные препятствия и наблюдал за тем, как он на них реагирует. Оказалось, что создаваемый работающей трубкой луч, который Рентген быстро про себя окрестил X-лучом, практически беспрепятственно проходит через множество материалов.

Исследования продолжались полтора месяца в условиях глубочайшей секретности. Единственным посвященным человеком была жена Рентгена, Анна Берта. Секретность была связана вовсе не с тем, что ученый боялся кражи «интеллектуальной собственности». Рентген считал науку делом общечеловеческим и принципиально не оформлял патенты на свои открытия и изобретения, в том числе, кстати, и на X-лучи. Но то, что он теперь наблюдал, казалось настолько невероятным, что он боялся, что коллеги поймут его неверно, если он не опишет новое явление во всех подробностях.

Но и особо затягивать с рассказом об открытии он не хотел. Уже в середине декабря была написана первая статья «О новом роде лучей», вышедшая 28 числа в виде отдельной брошюры, экземпляры которой ученый разослал ведущим физикам мира. «Если пропускать разряд большой катушки Румкорфа через трубку Гитторфа, Крукса, Ленарда или другой подобный прибор, — говорилось в ней, — то наблюдается следующее явление. Кусок бумаги, покрытой платиносинеродистым барием, при приближении к трубке, закрытой достаточно плотно прилегающим к ней чехлом из тонкого черного картона, при каждом разряде вспыхивает ярким светом: начинает флюоресцировать». Здесь же, в брошюре был напечатан и первый рентгеновский снимок кисти руки Анны Берты с явно выделяющимся кольцом на безымянном пальце.

В начале XX в. по поводу природы рентгеновского излучения конкурировали две точки зрения. Часть ученых, во главе с английским физиком Уильямом Генри Брэггом, считали, что оно представляет собой поток электрически заряженных частиц. Их оппоненты, главными представителями которых были сам Рентген и его соотечественник, известный физик-теоретик Арнольд Иоганнес Вильгельм Зоммерфельд, считали, что это электромагнитное излучение. Спор с переменным

успехом продолжался полтора десятилетия. Все попытки обнаружить дифракцию или преломление рентгеновских лучей, или определить длину их волны ни к чему не приводили. В своей последней посвященной лучам статье их первооткрыватель писал: «...я не в состоянии указать ни одного опыта, из которого мог бы достаточно ясно убедиться в существовании дифракции X-лучей».

Только в 1912 г. приват-доцент у профессора Зоммерфельда Макс фон Лауэ смог теоретически предсказать дифракцию лучей на кристаллах, о чем позднее он сказал в своей Нобелевской лекции так: «Моя физическая интуиция мне подсказала, что при определенных условиях должны возникнуть спектры». В том же году такую возможность обнаружить явления дифракции рентгеновских лучей на кристалле Лауэ неоднократно обсуждал в мюнхенском кафе «Лутц» с молодыми физиками. Один из них, Вальтер Фридрих, недавно защитивший под руководством Арнольда Зоммерфельда диссертацию по рассеянию рентгеновских лучей, а также докторант Рентгена Пауль Книппинг весной 1912 г. смогли провести такой эксперимент по исследованию дифракции рентгеновских лучей на кристаллах медного купороса — первого, что попало им под руку. Макс фон Лауэ был удостоен Нобелевской премии по физике 1914 г. с формулировкой: «за открытие дифракции рентгеновских лучей на кристаллах».

Быстрее, ярче, сильнее

Лучи Рентгена проявили себя в самых разных областях. В сущности, на их основе возникло современное материаловедение. Эта наука достигла сегодня таких высот только благодаря тому, что при помощи рентгена стало возможным увидеть, как устроен конкретный материал. Крайне важным стал вопрос интенсивности и качества источника излучения. Сегодня наука перешла на атомарный уровень, когда можно видеть отдельные атомы, определять их конкретное положение в кристаллической решетке. Для качественных исследований на таком уровне надо иметь яркое излучение непрерывного белого спектра. Яркости имеющихся источников для новых прорывных исследований перестало хватать еще в 1950-х гг. Начали повышать их яркость путем увеличения силы тока. Но когда электрон ударяется в массивный анод, выделяется огромное количество тепла, следовательно, при увеличении тока возрастал нагрев. Для охлаждения приходилось прибегать к все более сложным приемам, и таким образом удалось повысить яркость только в 30 раз. Но дальше ученые уперлись в стену, пробить которую было невозможно. Только перепрыгнуть.

Таким «трамплином» стали источники синхротронного излучения. Синхротрон — это циклический ускоритель, в котором электроны ускоряются до релятивистских скоростей, т.е. до энергии, которая соответствует скоростям, близким к скорости света. Изначально такие циклотроны строили совершенно для других целей. Разогнанные в них заряженные частицы (электроны или позитроны) поражали какую-то мишень, а затем с помощью



Именно открытия, связанные с рентгеновским излучением, собрали самый богатый урожай самых престижных научных наград. Не считая Нобелевских премий Рентгена и Лауэ, они были присуждены по физике:

✓ в 1915 г. «за заслуги в исследовании кристаллов с помощью рентгеновских лучей» отцу и сыну Брэггам;

✓ в 1917 г. «за открытие характеристического рентгеновского излучения элементов» Чарлзу Баркля;

✓ в 1924 г. «за открытия и исследования в области рентгеновской спектроскопии» Карлу Манне Сигбану;

✓ в 1927 г. «за открытие эффекта, названного его именем» Артуру Комптону;

✓ в 1936 г. «за вклад в понимание молекулярной структуры в ходе исследований дипольных явлений и дифракции рентгеновских лучей и электронов в газах» Петеру Дебаю;

✓ в 1937 г. «за экспериментальное открытие дифракции электронов на кристаллах» Клинтону Дэвиссону совместно с Джорджем Томсоном.

В 1946 г. «за открытие появления мутаций под влиянием рентгеновского облучения» Нобелевскую премию по физиологии и медицине получил Герман Меллер. Рентгеновское излучение также использовалось для расшифровки структуры миоглобина (Джон Кендрю, Макс Перуц, Нобелевская премия по химии за 1962 г.).

Непосредственное отношение рентгеновское излучение имело и к расшифровке двойной спирали ДНК (Джеймс Уотсон, Френсис Крик, 1962 г., Нобелевская премия в области физиологии и медицины).

В 1964 г. премию по химии «за определение с помощью рентгеновских лучей структур биологически активных веществ» получила Дороти Ходжкин.

В 1979 г. Нобелевскую премию также в области физиологии и медицины за разработку компьютерного метода реконструкции изображения рентгеновской томографии получили Аллан Кормак и Годфри Хаунсфилд.

В 1982 г. «за вклад в развитие электронной спектроскопии высокого разрешения», — Кай Сигбан.

В 2002 г. «за изыскания в области астрофизики, которые привели к открытию космических источников рентгеновского излучения», — Риккардо Джаккони.

детектора, например камеры Вильсона, анализировались результаты ядерных реакций. Эти ускорители были инструментом ядерной физики. Но для того чтобы удержать электрон на кольцевой орбите такого синхротрона, его необходимо было проводить через поле специального «поворотного магнита», искривлявшего его траекторию необходимым образом. По классической электродинамике хорошо известно, что при таком «вираже» электрон

излучал электромагнитное излучение. Это излучение, предсказанное еще в 1944 г. нашими физиками Исааком Померанчуком и Дмитрием Иваненко, за что спустя шесть лет они были удостоены Сталинской премии, ограничивало возможности ускорения частиц, а поэтому считалось вредным и даже называлось «паразитным».

Поэтому сначала с синхротронным излучением пытались бороться, но параллельно и исследовали его. Данное излучение обладает уникальными свойствами. Выяснилось, что это идеально белый свет, т.е. непрерывный спектр, на много порядков превосходящий по яркости стандартное рентгеновское излучение. Это оказалось электромагнитное излучение огромной яркости, которое включает в себя и видимый свет, и ультрафиолет, и инфракрасное излучение, и, что самое важное, рентгеновское излучение.

Уникальность и важность такого явления были очевидны. Тем не менее синхротроны первого поколения строились для экспериментов по физике высоких энергий, а синхротронное излучение было у них побочным продуктом. Но именно на этих синхротронах началась практическая отработка методов его использования. В СССР первый такой синхротрон Б-4 в составе комплекса ВЭПП-4 был построен на рубеже 1960–1970-х гг. в новосибирском Институте ядерной физики СО РАН. Он работает и до сих пор. В основном его используют для измерения масс элементарных частиц, но у него предусмотрены и выводы для пучков синхротронного

излучения. С его помощью проводятся исследования в области материаловедения, нанотехнологий, медицины, биологии и археологии.

Только в 1968 г. в США был запущен первый синхротрон, предназначенный специально для использования синхротронного излучения, — *Tantalus*. Такие специализированные ускорители принято называть «синхротронами второго поколения».

Луч отечества

В СССР проекты первых двух таких синхротронов были разработаны в том же ИЯФ в самом начале 1980-х гг. Первый должны были построить в столице советской электроники — подмосковном Зеленограде, второй, с двумя накопительными кольцами, — в Курчатовском институте. Зеленоградский синхротрон предназначался для литографии, необходимой в процессе печатания микросхем, и для других технологических задач, на курчатовском же планировалось проведение фундаментальных исследований. Строительство обеих установок началось в 1986 г.

Вскоре в Курчатовском институте был построен небольшой синхротрон — источник мягкого рентгена «Сибирь-1». Поколение, к которому он относился, можно назвать «два с плюсом», поскольку в нем был использован первый сверхпроводящий вигглер (от англ. *wiggle* — «вихлять, ерзать») — серия разнонаправленных высокомоментных магнитов, попадая в поле которых электрон начинает двигаться по синусоидной траектории, создавая, образно говоря, на каждом «вираже» искомое синхротронное излучение.

Но с началом 1990-х гг. стране стало не до большой науки. Финансирование всех научных программ было сильно сокращено, в результате чего строительство зеленоградского синхротрона было практически законсервировано, а курчатовского — крайне заторможено. Для того чтобы оно хоть малыми темпами, но продолжалось, потребовались поистине титанические усилия. Но коллективу Курчатовского института удалось преодолеть все



Большое накопительное кольцо курчатовского синхротрона



Курчатовский источник синхротронного излучения (КИСИ)

«Паразитное» синхротронное излучение оказалось электромагнитным излучением огромной яркости, которое включает в себя и видимый свет, и ультрафиолет, и инфракрасное излучение, и, что самое важное, рентгеновское излучение

препятствия, и, наконец, 1 октября 1999 г. Курчатровский источник синхротронного излучения (КИСИ), остающийся и по сей день единственной российской научной мегаустановкой, введенной в эксплуатацию после распада СССР и единственным специализированным источником СИ на постсоветском пространстве, дал свой первый пучок синхротронного излучения.

Тогда, в последние годы уходящего века, в здании ускорителя была открыта лишь часть экспериментального зала и одна станция. Площадь всего синхротронного комплекса была 6 тыс. кв.м. Сейчас она составляет почти 16 тыс. кв.м. На новых площадях экспериментального зала расположены станции, где ведутся исследования в области нанодиагностики, нанобиотехнологий, микроэлектроники. Нанотехнологическое подразделение оснащено уникальным рентгеновским оборудованием, атомно-силовыми и электронными микроскопами, зонами чистых комнат. Именно модернизированный курчатровский источник синхротронного излучения стал основой для развития в стенах института принципиально нового научного направления, связанного с конвергенцией нано-, био-, инфо- и когнитивных (НБИК) наук и технологий.

Разумеется, такая мегаустановка, как синхротрон, как и любая подобная установка, создана для коллективного использования учеными не только из российских, но и мировых научных центров. Образцы материалов для исследования и тестирования приходят сюда из Санкт-Петербурга, Новосибирска, Красноярска, Ростова-на-Дону, Екатеринбурга. Два года назад в Курчатовском центре СИ была открыта специальная гостиница-общепитие, в которой живут во время проведения экспериментов ученые из организаций-пользователей.

Сейчас для ученых, работающих на синхротроне, наступает новый этап — расширение и углубление исследований биологической материи. Именно с помощью синхротрона удалось расшифровать пространственную структуру белка, и сегодня ее изучение — одна из главных тем работ на курчатовском синхротроне. Важным фактором выступает и то, что любые эксперименты с излучением — оптические, рентгеновские,

Всего на большом накопительном кольце Курчатовского специализированного источника СИ сейчас работает полтора десятка экспериментально-исследовательских станций:

- ✓ структурного материаловедения (СТМ);
- ✓ прецизионной рентгеновской оптики (ПРО), позволяющая проводить эксперименты по плосковолновой рентгеновской дифракции и стоячим рентгеновским волнам;
- ✓ глубокой рентгеновской литографии (ЛИГА);
- ✓ фотоэлектронной спектроскопии (ФЭС);
- ✓ рентгеновской рефракционной оптики (РЕФРА);
- ✓ рентгеновской кристаллографии и физического материаловедения (РКФМ);
- ✓ рентгеновской топографии и микротомографии (РТ-МТ);
- ✓ белковой кристаллографии (БЕЛОК);
- ✓ малоугловая станция для исследования биологических объектов (ДИКСИ);
- ✓ многоцелевой комплекс установок медицинской и материаловедческой диагностики (МЕДИАНА);
- ✓ спектроскопии конденсированного состояния (СПЕКТР);
- ✓ рентгеновской спектроскопии поглощения в пространственно-дисперсионном режиме (EXAFS-D);
- ✓ исследовательско-технологический комплекс для формирования органических и биоорганических наносистем, находящихся на поверхности жидкости, с возможностью их характеристики в процессе наноконструирования (ЛЕНГМЮР);
- ✓ исследовательско-технологический комплекс для получения неорганических наносистем методом молекулярно-лучевой эпитаксии с возможностью характеристики их в процессе формирования (ВАКУУМ);
- ✓ рентгеноструктурного анализа порошков (РСА);

Еще ряд станций находятся в разных стадиях — от проектирования до достройки. В оборудовании каждой станции присутствуют блоки монохроматизации и управления пучками излучения, прецизионная гониометрическая аппаратура и камеры образца, детекторы, системы автоматизации и управления экспериментом. Всего же количество станций на Курчатовском синхротроне планируется довести до 30.

инфракрасные — здесь можно провести на одной площадке, не «мотаясь» между различными институтами и установками. Наиболее востребованными в последнее время стали работы, связанные с нано- и биотехнологиями, структурной диагностикой сверхвысокого разрешения, материаловедением, новыми методами медицинской диагностики, микромеханикой, высокочувствительным химическим анализом и др.

На Курчатовском источнике синхротронного излучения разработаны и введены в действие методики рентгеновской кристаллографии для исследования порошков, макромолекул и белков, спектроскопические методики — как в рентгеновской области, так и в области вакуумного ультрафиолета, разнообразные методы получения

Как синхротрон лечит людей

В одном из корпусов Курчатовского НБИКС-центра расположен целый комплекс биологических лабораторий, включающий в себя генно-инженерное и иммунологическое подразделения, лабораторию стволовых клеток, белковую фабрику. Белковая фабрика позволяет выделить любое биоорганическое вещество и превратить его в кристалл с тем, чтобы потом отправить его на синхротрон и расшифровать структуру белка, рассчитать ее на суперкомпьютере и предложить будущее лекарство. Данные о структуре белковых молекул обрабатываются с помощью мощного суперкомпьютера, который тоже расположен по соседству с синхротроном и выступает частью НБИКС-инфраструктуры. Для проведения подобных исследований обычно объединяют усилия несколько научных организаций. В Курчатовском же научном центре на одной площадке действует полный цикл.



Станция «ЛЕНГМИОУР» на КИСИ

Синхротронное излучение применяется даже при изучении мозга живых существ. Оно позволяет избирательно визуализировать в его тканях ионы тяжелых металлов. Ученые могут пометить активно работающие клетки мозга испытуемого животного так, чтобы они накапливали эти ионы, и визуализировать эти работающие сети в мозге во время введения исследуемого когнитивного препарата. Это может дать ответы на целый ряд вопросов — как действует препарат, где, на какие системы памяти.



Схематический вид станции «Белок»

изображений, а также технологии, реализующие упругое и неупругое рентгеновское рассеяние от различных образцов, в том числе от поверхности жидкости.

Такие уникальные и многоцелевые научные мегаустановки, как курчатовский синхротрон, просто обречены на то, чтобы стать центром всевозможных междисциплинарных исследований. Поэтому не случайно в Курчатовском институте в середине минувшего десятилетия именно вокруг синхротрона началось развитие совершенно нового направления в науке — конвергенции нано-, био-, информационных, когнитивных и социогуманитарных наук и технологий (НБИКС). Синхротрон стал для них не просто сердцем, двигателем, но именно телом, в котором различные органы-направления сосуществуют на совершенно равных правах и совместно добиваются практических результатов, о которых ученые несколько десятилетий назад не могли даже и мечтать. Для реализации этого направления в последние два года был создан не имеющий пока мировых аналогов Курчатовский НБИКС-центр.

Строительство зеленоградского синхротрона возобновлено, и есть надежда, что в ближайшие годы он вступит в строй.

Три-четыре

Сейчас в нескольких мировых научных центрах работают синхротроны третьего поколения. От предыдущих они отличаются тем, что синхротронное излучение возникает при прохождении пучка электронов через многополюсные магниты, «вставленные» в прямолинейные промежутки ускорителя (а не через поворотный магнит), называемые вигглерами и ондуляторами. Такие устройства позволяют получать значительно более яркие пучки излучения и управлять его характеристиками.

При этом Россия отнюдь не отстала от мира. И не только потому, что вигглеры используются и в Курчатовском синхротроне, но потому, что нам удалось «перепрыгнуть» через ступеньку и сразу подключиться к созданию принципиально новых синхротронных источников следующих поколений.

Синхротронное рентгеновское излучение сегодня позволяет определять положение любого атома в пространстве с огромной субангстремной точностью (сотые доли ангстрема). Но при этом мы фиксируем окончательное положение атомов, в которое они «пришли», двигаясь, например, в результате любых физико-химических реакций. В действительности весь окружающий нас мир находится в движении. И это, как правило, хаотическое движение атомов, например в расплаве или растворе, в процессе химической реакции приводит к их упорядоченному расположению во вновь сформированном кристалле.

Если бы мы имели возможность увидеть это движение, обеспечивающее переход от хаоса к порядку в расположении атомов в структуре, то смогли бы понять «природные технологии», с помощью которых был создан окружающий нас мир. А это в свою очередь могло бы обеспечить цивилизации мощный технологический прорыв.

Чтобы увидеть это движение атомов в процессе реакций, надо иметь рентгеновский источник-синхротрон, который наряду с субангстремным определением положения атомов в пространстве позволял бы фиксировать эти положения во времени с фемтосекундным разрешением. Для этого и нужны новые источники синхротронного излучения.

Эти будущие источники фотонов на основе ускорителей (источники СИ четвертого поколения) должны объединять в себе возможности классических источников синхротронного излучения и дополнительно обеспечивать требуемое временное разрешение.

Сейчас наступил такой этап, когда возникла необходимость и возможность создавать в России свою современную научную базу, мегаустановки и реализовывать на ней проекты с международным участием. В прошлом году из более чем 40 представленных мегапроектов, на основе многоступенчатой международной экспертизы, были отобраны шесть проектов. Один из них — проект по созданию специализированного источника синхротронного излучения четвертого поколения.

Но пока это дело будущего, а сегодня мы уже самым серьезным образом участвуем в другом международном проекте: постройке самого совершенного в мире Европейского рентгеновского лазера на свободных электронах *XFEL (X-Ray Free Electron Laser)*. Научное руководство проектом возложено на Национальный исследовательский центр «Курчатовский институт». Излучение лазеров на свободных электронах благодаря таким их уникальным характеристикам, как экстремально высокая импульсная яркость и малая длительность импульса излучения, позволяет, образно выражаясь, делать моментальные фотографии сложных, быстро меняющихся объектов на молекулярном и атомном уровне. Этот научный мегапроект ни в чем не уступает широко известному проекту Большого адронного коллайдера в *CERN*. Строится лазер на севере Германии, на границе земель Гамбург и Шлезвиг-Гольштейн. Установка будет представлять собой проложенный на глубине до 38 м туннель длиной 3,4 км, в котором будут расположены сверхпроводящий линейный ускоритель и каналы вывода рентгеновского излучения. В ускорителе электроны будут «разгоняться» до энергии 17,5 ГэВ, после чего они, проходя по синусоидальным траекториям через ондуляторы, будут излучать в рентгеновском диапазоне. Лазер будет выдавать в секунду до 30 тыс. импульсов излучения с яркостью на порядки превосходящей все, что было до него. Этот мощнейший лазер позволит генерировать импульсы фемтосекундной длительности и, следовательно, изучать процессы, происходящие в веществе, в запредельно короткие промежутки времени. Таким образом, мы откроем путь для создания принципиально новых технологий, увидим, как создавались технологии самой природы.

Запуск *XFEL* запланирован на 2015 г. Стоимость проекта превышает 1 млрд евро, из которых 50% выделяет правительство ФРГ, 25% — Россия, а оставшиеся 25% распределяются между десятью оставшимися европейскими странами-участницами. Таким образом,



СПРАВКА

**Михаил
Валентинович
Ковальчук**

■ Доктор физико-математических наук, профессор, член-корреспондент РАН (2000).

■ Директор Национального исследовательского центра «Курчатовский ин-

ститут», директор Института кристаллографии имени А.В. Шубникова РАН, ученый секретарь Совета при Президенте РФ по науке, технологиям и образованию.

■ Родился в Ленинграде.

■ Михаил Валентинович — ведущий ученый в области рентгеновской физики, кристаллографии и нанодиагностики, один из идеологов и организаторов развития нанотехнологий в России. Автор более 250 публикаций в ведущих научных журналах, автор и ведущий научно-популярной телепрограммы «Истории из будущего с Михаилом Ковальчуком».

■ Лауреат Премии Правительства РФ в области науки и техники за 2006 г.; кавалер ордена «За заслуги перед Отечеством» III и IV степени (2006); член Управляющего комитета проекта *XFEL*.

Россия — не просто один из главных, но фактически второй из инвесторов, а сам проект можно назвать по сути германо-российским с европейским участием. Российские представители уже сейчас входят не только в дирекцию проекта, но и вообще во все его органы: в научный комитет, в финансовый, в комитет по развитию, по связям и т.д. Один из трех научных директоров *XFEL* — представитель России.

Вообще, российско-германское сотрудничество в области меганауки развивается очень успешно. В прошлом году, например, на базах наших синхротронных центров был учрежден Институт Иоффе — Рентгена (*JRI*) для создания и развития мегаустановок, а также организации исследований на них. Он состоит из двух подразделений, первое из которых располагается в Курчатовском институте, а второе — в Германии, в исследовательском центре по физике частиц *DESY* (от немецкого *Deutsches Elektronen-Synchrotron*, «Немецкий электронный синхротрон»).

Так что Рентген совсем не случайно получил первую в истории Нобелевскую премию, а Макс фон Лауэ — премию за открытие дифракции рентгеновских лучей. Ибо именно эти открытия распахнули столетие назад ворота в сложный мир меганауки — науки мегаустановок, мегаэнергий, мегапроектов и мегадостижений, которые сегодня могут совершить в науке настоящий мегапрорыв, помочь человеку еще глубже заглянуть в тайны мироздания. ■

Подготовил Валерий Чумаков