

ИНФОРМАЦИЯ

БЮЛЛЕТЕНЬ

Национального комитета кристаллографов России, № 4

Официальный сайт: <http://www.crys.ras.ru/RNCC/>

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ  
БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ НАУКИ  
ИНСТИТУТ КРИСТАЛЛОГРАФИИ  
ИМ. А.В. ШУБНИКОВА  
РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК

*Исторические этапы  
Института кристаллографии*

Институт кристаллографии АН СССР создан в соответствии с Протоколом № 16 Распорядительного заседания Президиума Академии наук СССР от 16 ноября 1943 г. и переименован в Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт кристаллографии им. А.В. Шуб-



Рис. 1. Первый директор Института кристаллографии – академик А.В. Шубников (1887–1970).

никова Российской академии наук (ИК РАН) в соответствии с постановлением Президиума Российской академии наук от 13 декабря 2011 г. № 262. ИК РАН входит в состав организаций, объединяемых Отделением физических наук РАН (ОФН РАН).

История создания Института связана с группой кристаллографии при Минералогическом музее АН СССР в Ленинграде, сформированной в 1925 г. А.В. Шубниковым, которая уделяла особое внимание изучению кварца. Успехи этой группы привели к созданию в 1937 г. Лаборатории кристаллографии АН СССР, на базе которой в 1943 г. организован Институт кристаллографии АН СССР. Директором Института назначен А.В. Шубников (рис. 1), а в состав ученого совета вошли выдающиеся ученые страны: Д.С. Белянкин, А.Ф. Иоффе, А.Е. Ферсман, Н.В. Белов, Г.Б. Бокий, Н.Е. Веденеева, Г.Г. Леммлейн, М.В. Классен-Неклюдова, Е.Е. Флинт, Л.М. Беляев. С 1962 по 1996 г. Институт возглавлял академик Б.К. Вайнштейн. С 1998 г. директор Института – член-корреспондент РАН М.В. Ковальчук.

За 68 лет ИК РАН стал ведущим российским научным центром по изучению кристаллического состояния вещества. В Институте ведутся исследования процессов образования кристаллов, их физических свойств, структуры с использованием рентгеновского, синхротронного излучений, нейтронов и электронов. В последние годы физические методы, разработанные для исследования кристаллических материалов, эффективно используются для изучения наноматериалов и наносистем неорганической и органической природы.

Созданные в ИК РАН аппаратура и методы выращивания таких кристаллов, как кварц, лейкосапфир, лазерные кристаллы, составили основу промышленности синтетических кристаллов в нашей стране. В Институте разработаны методы горизонтальной направленной кристаллизации, искусственной эпитаксии тонких пленок, выращивания нитевидных кристаллов полупроводников, кристаллов белков и других биологически-активных соединений, создания трековых мембран, проведены успешные эксперименты по выращиванию кристаллов в космосе.

Ученые ИК РАН внесли большой вклад в развитие теорий симметрии кристаллов, роста кри-

сталлов, рассеяния рентгеновских лучей и электронов, создание структурной электронографии, методов структурного анализа, малоуглового рассеяния, стоячих рентгеновских волн.

В ИК РАН определено атомное строение сотен новых кристаллических материалов, от минералов до белков, открыты минералы *икранит*, *расцветавит*, созданы новые сегнетоэлектрические, магнитные, акустооптические, жидкие кристаллы, кристаллические сцинтилляторы для детекторов ядерного излучения, суперионные проводники.

Сотрудниками Института внесен вклад в создание основ фурье-спектроскопии, открыты явления электрогирации, фотовольтаического и магнитоэлектрического эффектов. Разработаны и внедрены в промышленность отечественные рентгеновские дифрактометры и спектрометры, созданы станции для источника синхротронного излучения.

Крайне важно, что уже в первые годы развития Института кристаллографии А.В. Шубниковым определена идеология научного развития, базирующаяся на триаде “рост–структура–свойства”.

Сегодня, когда речь идет о высокотехнологичной экономике, важнейшая задача заключается в том, чтобы научные результаты как можно скорее вышли в производство, к потребителю. Кристаллография имеет важную инновационную особенность – в этой фундаментальной науке очень часто результатом является именно материал – кристалл, т.е. реальный, осязаемый для потребителя продукт.

А.В. Шубников придавал большое значение развитию международных связей кристаллографов. В 1946 г. он принял участие в создании Международного союза кристаллографов и его печатного органа – “Acta Crystallographica”. Именно А.В. Шубников предложил название этого журнала.

В 1960-е гг. наступил новый этап развития Института, когда по инициативе его директора академика Б.К. Вайнштейна (рис. 2) создана лаборатория белковой кристаллографии, и появилось тематика, связанная с изучением биологических объектов физическими методами. В результате дан толчок развитию целого комплекса направлений исследований: дифракция на цепных молекулах, ее теоретические аспекты, кристаллизация белков, исследование их атомной структуры, создание аппаратуры, вычислительных методов. Позднее в Институте были начаты исследования жидких кристаллов, органических лэнгмюровских пленок, получили развитие методы молекулярной архитектуры, аналогичные молекулярно-лучевой эпитахии.

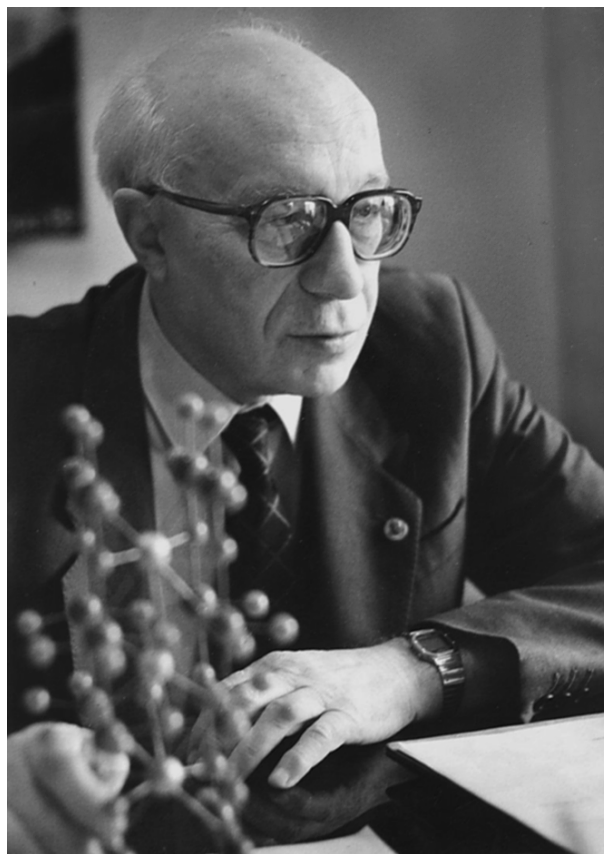


Рис. 2. Директор Института кристаллографии – академик Б.К. Вайнштейн (1921–1996).

### *Институт кристаллографии сегодня*

В последнее десятилетие тематика Института претерпела существенные изменения: при сохранении традиционных направлений исследований “рост–структура–свойства” кристаллов были сформированы три приоритетных направления научно-исследовательской работы:

- нано- и биоорганические материалы: получение, синтез, структура и свойства, методы диагностики на основе рентгеновского и синхротронного излучения, электронов, нейтронов и атомно-силовой микроскопии;
- фундаментальные аспекты образования кристаллических материалов и наносистем, их реальная структура и свойства;
- новые кристаллические и функциональные материалы.

В этих приоритетах отражается преемственность научного опыта, традиций, но уже обозначены ориентиры на новые направления развития науки.

Современный ИК РАН представляет собой уникальную научную организацию, являясь единственным физическим институтом, имеющим базу и “культуру” для работы с биологическими и органическими объектами, а также уни-



Рис. 3. Директор Института кристаллографии – член-корреспондент РАН М.В. Ковальчук.

кальный набор физических, в первую очередь дифракционных, методов изучения структуры и свойств конденсированных сред любой природы, обладая практически неограниченными возможностями в области синтеза новых органических и неорганических материалов. Институт кристаллографии – один из немногих в стране междисциплинарных институтов, в котором отдельные научные направления не просто развиваются, а органически объединены и дают синергетический эффект.

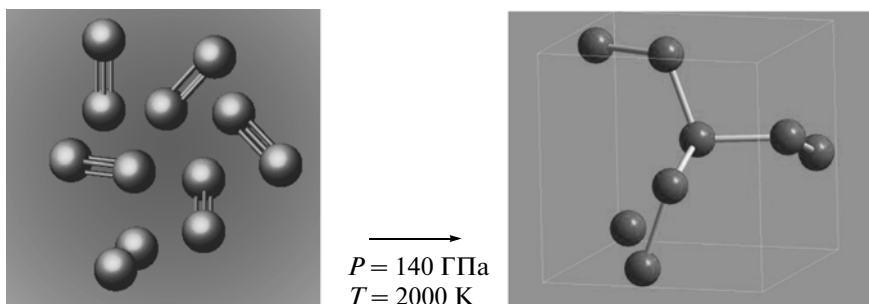
Под руководством директора Института М.В. Ковальчука (рис. 3) создана современная исследовательско-технологическая база для получения, исследования структуры и физических свойств кристаллических, нано- и биоорганических материалов, включающая в себя новейшую рентгеновскую аппаратуру, уникальные электронные микроскопы, зондовые микроскопы, оптические спектрометры, технологическое оборудование для кристаллизации белков, формирования систем молекулярных пленок Ленгмюра–Блоджетт, получения углеродных материалов. Развита различные методы исследования структуры, в частности рентгеновские методы, основанные на использовании стоячих волн, полного внешнего отражения и многоволновой дифракции. Это позволяет разрабатывать и изучать уникальные материалы (рис. 4) и вещества с дальнейшим применением полученных знаний в различных отраслях наукоемкой промышленности.

При этом особое место занимает изучение таких объектов, как тонкие кристаллические плен-

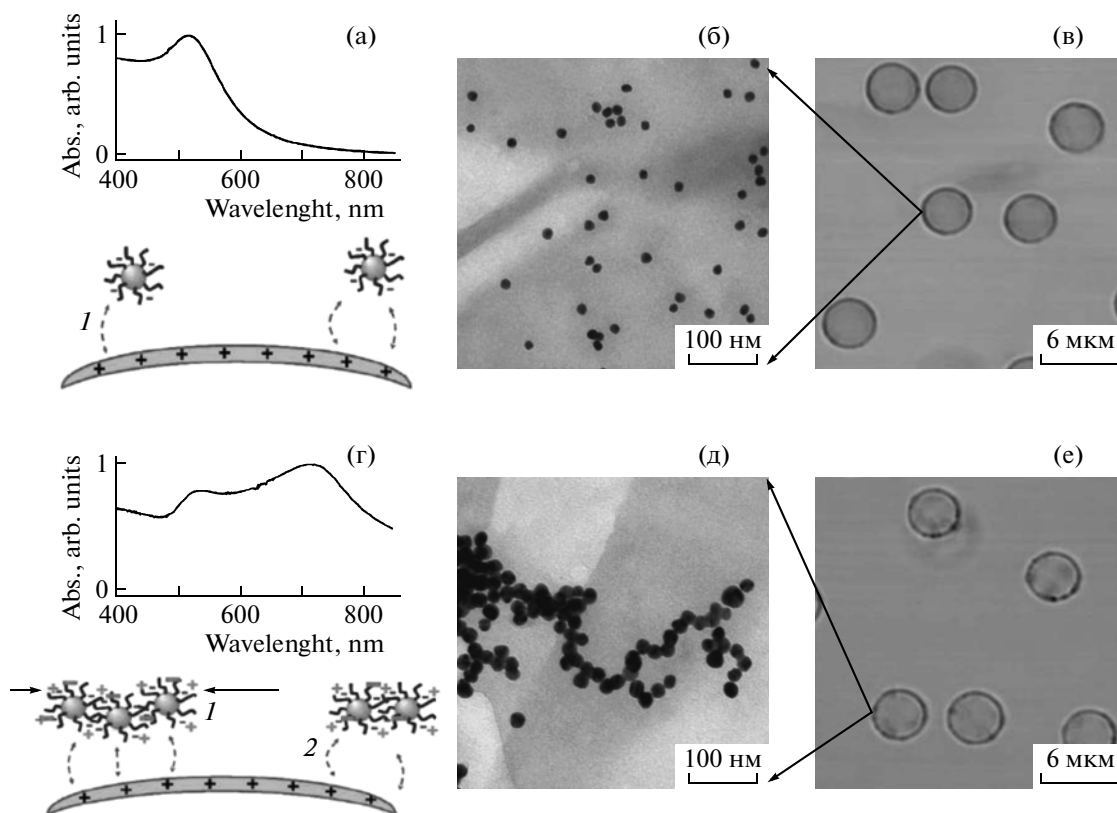
ки, жидкие кристаллы, кристалло-керамики, органические, неорганические, биоорганические и гибридного происхождения наноструктуры, полностью или частично упорядоченные конденсированные неорганические, органические и биологические системы. Важное место занимают работы по изучению структуры, свойств и функций белков, перспективных для применения в области медицины, разрабатываются методы целевой доставки препаратов на основе нанокапсулирования (рис. 5).

*Центр коллективного пользования  
“Структурная диагностика материалов”*

На базе ИК РАН в 2002 г. был организован Центр коллективного пользования “Структурная диагностика материалов” (ЦКП). Основные направления деятельности ЦКП – исследования в области получения перспективных материалов с заданными свойствами, разработка методов для структурной диагностики наноматериалов и наносистем, биокристаллов и тонких пленок. Ведущее место в структурных исследованиях занимают рентгеновские методы (весь диапазон вплоть до гамма-излучения): малоугловые методы, порошковая дифрактометрия, рентгеновская томография (включая фазово-чувствительные методы), поверхностные и спектральные рентгеновские методы, а также методы электронной микроскопии высокого разрешения, атомно-силовой, туннельной микроскопии, методы акустооптики и другие.



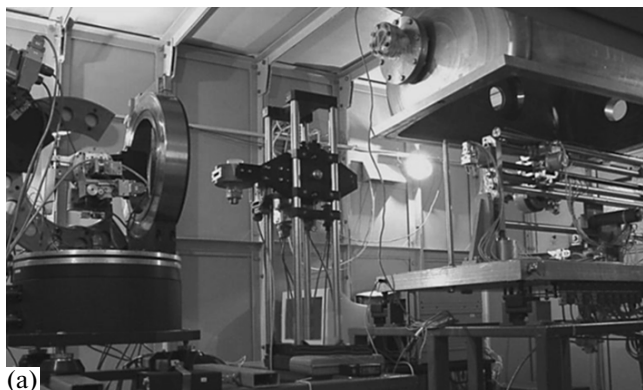
**Рис. 4.** Полимерный азот – новый экологически чистый материал с рекордным запасом энергии. Впервые синтезирован кристалл азота со структурой кубик-гошь при экстремальных условиях  $P = 140$  ГПа,  $T = 2000$  К.



**Рис. 5.** Создание многофункциональных микро- и наноконтейнеров. Разработаны методики создания контейнеров на основе пористых неорганических частиц для адресной доставки, а также предложены способы модификации оболочек полиэлектролитных капсул наночастицами металлов с целью дистанционного высвобождения закапсулированного материала. Управление адсорбцией наночастиц золота на полиэлектролитные оболочки капсул: адсорбция в виде индивидуальных частиц (а–в) и агрегатов (г–е). Спектры поглощения систем и схемы адсорбции (а, г), изображения просвечивающей электронной микроскопии (б, д) и конфокальной микроскопии (в, е).

К настоящему моменту ЦКП оснащен целой линейкой уникальных установок (рентгеновские дифрактометры с приставками для исследований при высоких и низких температурах, малоугловые рентгеновские дифрактометры, рентгеновские спектрометры, просвечивающие электронные микроскопы высокого разрешения, растровые электронные микроскопы, электронографы, сканирующие зондовые микроскопы, спектро-

фотометры и другие). Комплекс приборов ЦКП позволяет проводить взаимоконтролируемые и взаимодополняемые междисциплинарные исследования с повышенной точностью измерений, увеличенным разрешением и расширенным (в том числе и в сторону наноразмеров) диапазоном измеряемых величин, а также автоматизировать эксперименты, что уменьшает время получения результатов.



**Рис. 6.** Создание исследовательских станций для Курчатовского НБИК центра: экспериментальные станции (а) ПРО (прецизионной рентгеновской оптики), (б) Белок (белковой кристаллографии), (в) РКФМ (рентгеновской кристаллографии и физического материаловедения).

В настоящее время ЦКП ИК РАН активно участвует в работах по метрологии, в том числе в работах по разработке нормативно-методической базы для обеспечения измерений структурных параметров (параметры кристаллической решетки, фазовый состав) объектов нанотехнологий и продукции nanoиндустрии, а также для испытаний эталонных мер различными методами при создании единого метрологического комплекса Российской Федерации.

#### *Создание аппаратуры для Курчатовского источника синхротронного излучения*

Необходимо особенно отметить разработки Института, связанные с Курчатовским источником синхротронного излучения. В течение многих лет ИК РАН активно участвовал в разработке научной программы и аппаратурно-методическом обеспечении Курчатовского источника синхротронного излучения НИЦ КИ с целью проведения как фундаментальных, так и прикладных исследований. Для первого в России специализированного источника СИ разработан и введен в строй комплекс уникальной аппаратуры (станции ПРО, “Белок”, РКФМ, РСА, “Ленгмюр”, “Вакуум” и др.) для проведения фундаментальных исследований в материаловедении, микромеханике, нанoeлектронике, биотехнологии и других областях (рис. 6).

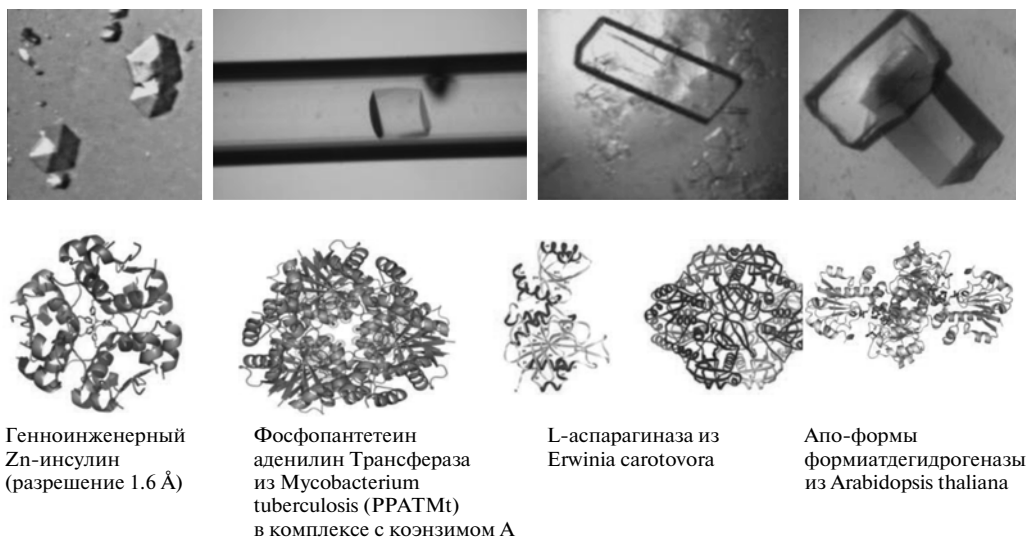
#### *Космическое материаловедение*

В течение нескольких десятилетий ИК РАН успешно участвует в программах по космическому материаловедению. Важное направление научно-исследовательской работы в Институте — создание аппаратуры и экспериментальных методик для кристаллизации биообъектов в условиях микрогравитации на Международной космической станции. Сотрудниками Института разработано оборудование для выращивания кристаллов белков в условиях микрогравитации, выращены кристаллы белков, важных с точки зрения биологии и медицины, расшифрована их пространственная структура (рис. 7).

#### *Организация национальных конференций, симпозиумов, семинаров*

Важной частью жизни Института является научно-организационная деятельность в области кристаллографии и физического материаловедения. ИК РАН входит в число организаторов национальных конференций и симпозиумов: Национальной конференции по применению рентгеновского, синхротронного излучений, нейтронов и электронов для исследования материалов (РСНЭ), Национальной конференции по росту кристаллов (НКРК), Российской конференции по электронной микроскопии (РКЭМ), Российского симпозиума по растровой электронной микроскопии и аналитическим методам исследования твердых тел (РЭМ).

Национальные конференции по применению рентгеновского, синхротронного излучений, нейтронов и электронов для исследования материалов являются продолжением Всесоюзных совещаний по применению рентгеновских лучей



**Рис. 7.** Белковая кристаллография. Проведены эксперименты по выращиванию кристаллов белков на Международной космической станции в условиях пониженной гравитации. Найдены условия роста и получены пригодные для структурного исследования кристаллы двенадцати белков. По дифракционным наборам, собранным с выращенных в невесомости кристаллов, установлена пространственная структура белков с разрешением лучше 2 Å, и полученные атомные координаты депонированы в Международный банк белковых данных.

для исследования материалов, постоянно проводившихся в СССР с 1936 г.

Национальные конференции по росту кристаллов продолжают традиции Всесоюзных совещаний и конференций по росту кристаллов, проводившихся с 1956 г.

С периодичностью раз в два года эти конференции собирают большое число специалистов в области кристаллографии.

Ежегодно в ИК РАН проводятся Научные чтения имени академика А.В. Шубникова, Научные чтения имени академика Б.К. Вайнштейна. Совместно с Нижегородским государственным университетом и Московским государственным университетом проводятся Научные чтения имени академика Н.В. Белова.

На базе Института постоянно действует ряд Московских семинаров: “Ленгмюровские пленки и ансамбли амфифильных молекул”, Московский ежемесячный семинар по физике и спектроскопии лазерных кристаллов и другие. Активная работа ведется в рамках общеинститутских семинаров, посвященных исследованиям структур, физических свойств и росту кристаллов.

#### *Подготовка будущих кристаллографов*

Одно из основных направлений деятельности ИК РАН – подготовка кадров высшей квалификации, специализирующихся в области создания и исследования новых кристаллических материалов, нано- и биоорганических материалов и разработки методов диагностики с использованием рентгеновского, синхротронного излучений,

электронов и нейтронов. Сотрудники Института активно участвуют в государственных и международных научно-технических программах и вовлекают в научно-исследовательскую деятельность творческую молодежь.

Диссертационный совет Д 002.114.01, созданный при ИК РАН, единственный в России, который может принимать к защите диссертации по специальности “Кристаллография, физика кристаллов” (по физико-математическим и химическим наукам). Совет также принимает к защите диссертации по специальности “Физика конденсированного состояния”.

Подготовка научных кадров высшей квалификации проводится через аспирантуру ИК РАН по специальностям: 01.04.07 – физика конденсированного состояния – по физико-математическим наукам; 01.04.18 – кристаллография, физика кристаллов – по физико-математическим и химическим наукам.

Работа с молодежью в Институте включает в себя руководство научными, дипломными, курсовыми работами, лекции по специальным дисциплинам, работу специальных практикумов; разработку методических материалов; поддержку Интернет-сайта; а также работу в рамках интеграции с высшими учебными заведениями, популяризацию исследований в области современной кристаллографии.

С 2005 г. ведется работа на базовой кафедре физики наносистем на физическом факультете МГУ, созданной в рамках интеграции с ИК РАН и РНЦ “Курчатовский институт” (заведующий кафедрой профессор М.В. Ковальчук). В настоящее

время на кафедре обучаются студенты 4-го, 5-го, 6-го курсов и аспиранты.

Подготовка научных кадров в ИК РАН также осуществляется на базе научно-образовательных центров (НОЦ).

На базе НОЦ “Создание и диагностика кристаллических, нано- и биоорганических материалов” (руководитель центра – член-корреспондент РАН М.В. Ковальчук, соисполнители – физический факультет Московского государственного университета им. М.В. Ломоносова и физический факультет Нижегородского государственного университета им. Н.И. Лобачевского) ведется работа по следующим основным научным направлениям:

- развитие методов рентгеновской диагностики наносистем;
- биоорганические материалы: создание, изучение структуры и свойств;
- фундаментальные аспекты образования и функционирования кристаллических материалов и наносистем;
- структура и свойства кристаллов.

УНЦ по физике и диагностике кристаллов организован на базе кафедры “Материаловедение” Калужского филиала Московского государственного технического университета им. Н.Э. Баумана (МГТУ им. Н.Э. Баумана) и филиала ИК РАН Научно-исследовательского центра “Космическое материаловедение”.

Для более активного вовлечения творческой молодежи в научную жизнь Института был создан Совет молодых ученых ИК РАН (СМУ). При участии СМУ регулярно обновляется база данных молодых специалистов Института, проводятся информационные рассылки о конференциях, семинарах, грантах для молодых ученых, собирается молодежный научный семинар, на котором молодые сотрудники лабораторий выступают с докладами о своей научной деятельности.

Ежегодно в Институте проводится традиционный конкурс научных работ сотрудников, в котором принимают участие и молодые ученые. Последние три года проводится отдельная секция студенческих работ, учитывая увеличившееся число студентов, выполняющих курсовые и дипломные работы в Институте. Лучшие работы молодых ученых награждаются премией им. академика Н.В. Белова.

ИК РАН выступает организатором школ для молодых ученых, аспирантов и студентов. В 2011 г. в четвертый раз были проведены Высшие курсы стран СНГ для молодых ученых, аспирантов и студентов старших курсов по современным методам исследований наносистем и материалов “Синхротронные и нейтронные исследования наносистем (СИН-нано)” совместно с НИЦ КИ и ОИЯИ, а также II Международная школа для молодых ученых “Перспективные исследования в

области фотонных наук. Экспериментальные возможности Европейского рентгеновского лазера на свободных электронах” (XFEL) (совместно с ОИЯИ, НИЦ КИ, Европейским XFEL, Германским синхротронным центром DESY).

#### *Сотрудничество с российскими и зарубежными научными организациями*

Важным событием 2010 г. было утверждение нового состава Национального комитета кристаллографов России. Председателем Национального комитета кристаллографов России назначен М.В. Ковальчук. На базе сайта ИК РАН работает сайт НККР (<http://ns.crys.ras.ru/RNCC/>).

Институт кристаллографии активно сотрудничает с научными организациями за рубежом: в настоящее время Институт имеет 11 совместных договоров, включая с Центром электронной микроскопии Федерального технологического центра Лозанны (Швейцария), Физическим факультетом Университета Тренто (Италия), Отделением высоких давлений Института химии им. Макса Планка (Германия), Институтом кристаллографии Кельнского университета (Германия), Отделением науки и технологии Университета Вероны (Италия), Институтом минералогии и физики конденсированных сред Университета Парижа (Франция).

Продолжается многолетнее сотрудничество с Европейской молекулярно-биологической лабораторией (EMBL, Гамбург, Германия), Институтом коллоидов и исследования поверхностей Макса Планка (Потсдам, Германия), Аргонской национальной лабораторией (США), Технологическим Университетом Чалмерса (Швеция), Институтом физики твердого тела и материаловедения Дрездена (Германия), Международной лабораторией сильных магнитных полей и низких температур г. Вроцлав (Польша), Центром комплексных исследований в бионауках (Бильбао, Испания), Институтом Карнеги (Вашингтон, США).

В последние годы активно развивается сотрудничество в области исследований с использованием рентгеновского и синхротронного излучения: с Центрами синхротронного излучения BESSY (Берлин, Германия), DIAMOND (Великобритания), DESY (Гамбург, Германия), ANKA (Карлсруэ, Германия), Европейским центром синхротронных излучений (ESRF, Гренобль, Франция).

ИК РАН является одним из организаторов и активным участником Российско-Германской Лаборатории (РГЛ), расположенной на источнике СИ BESSY в Берлине (вместе с НИЦ “Курчатовский институт”, Санкт-Петербургским государственным университетом, Физико-техническим институтом им. А.Ф. Иоффе РАН, Центром

синхротронного излучения BESSY, Свободным университетом Берлина, Техническим университетом Дрездена). В настоящее время на базе РГЛ активно ведутся исследования в области материаловедения на пучках СИ источника BESSY, в частности исследования наноматериалов и наносистем методами фотоэлектронной спектроскопии.

Российская Федерация – один из основных участников проекта “Европейский лазер на свободных электронах” (XFEL), реализуемом международным консорциумом в Гамбурге. Сотрудники ИК РАН активно участвуют в работе комитетов Европейского XFEL по научно-техническим и административно-финансовым вопросам и Международного управляющего комитета Европейского проекта XFEL.

С 2003 г. на базе ИК РАН работает Национальная контактная точка НКТ “Нанотехнологии”, созданная для поддержки участия ученых и организаций Российской Федерации и Европейского

Союза в научно-технической программе ЕС “Нанотехнологии и нанонауки”.

В 2011 г. исполнилось 55 лет журналу “Кристаллография”, учредителем которого является ИК РАН. Статьи, публикуемые в журнале, наглядно демонстрируют, как кристаллография из “части” минералогии стала сложной междисциплинарной наукой, сочетающей возможности и достижения геологии, химии, физики, биологии, математики. Именно в кристаллографии с точки зрения современного материаловедения наглядно виден синергетический результат междисциплинарности. Такой междисциплинарный подход становится методологией науки XXI в., когда сложение достижений сразу многих дисциплин дает прорыв и принципиально новый результат. Сегодня кристаллография переживает качественно новый этап своего развития. И Институт кристаллографии, являясь примером междисциплинарного научного института, бережно относясь к своим традициям, нацелен на дальнейшие научные достижения.