

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.

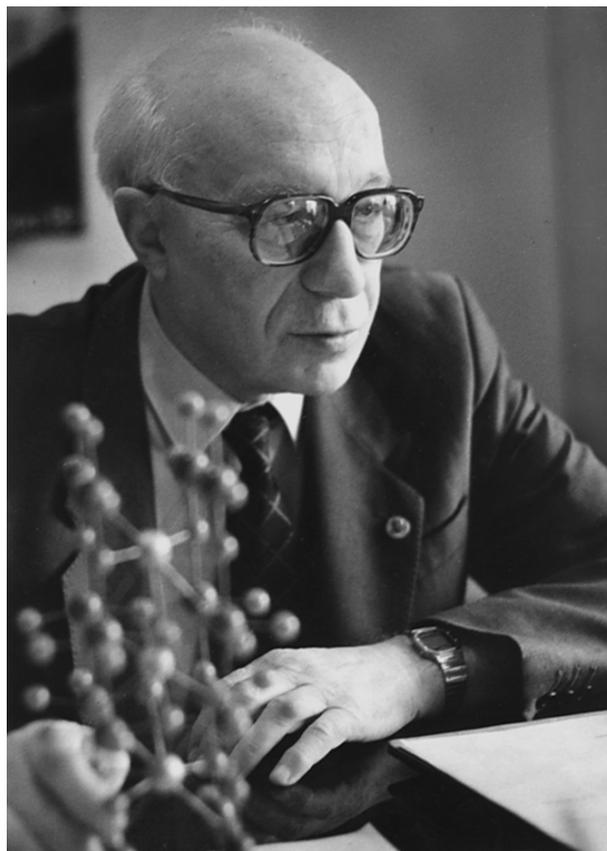


Рис. 2. Директор Института кристаллографии – академик Б.К. Вайнштейн (1921–1996).

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.

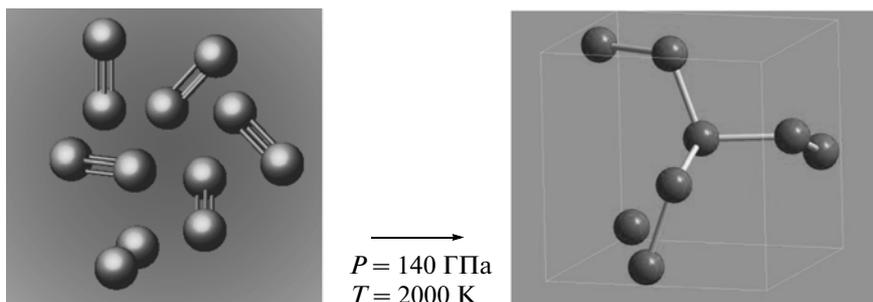


Рис. 4. Полимерный азот – новый экологически чистый материал с рекордным запасом энергии. Впервые синтезирован кристалл азота со структурой кубик-гошь при экстремальных условиях $P = 140$ ГПа, $T = 2000$ К.

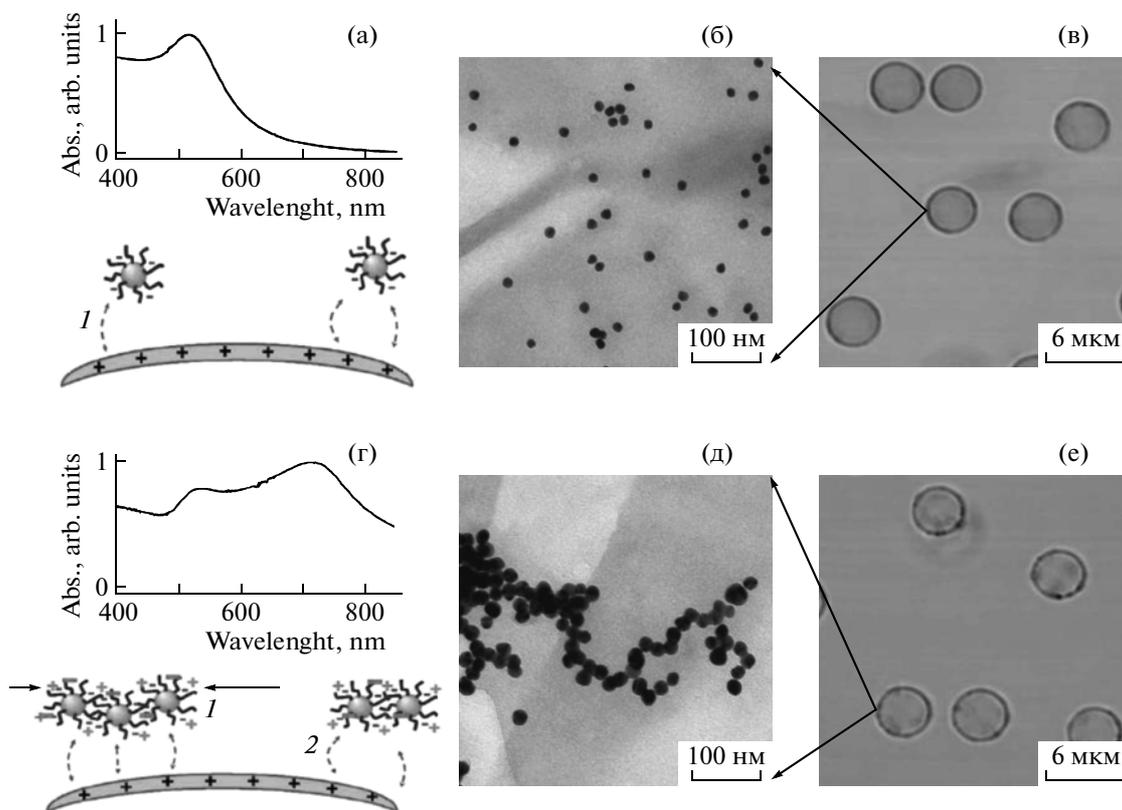


Рис. 5. Создание многофункциональных микро- и наноконтейнеров. Разработаны методики создания контейнеров на основе пористых неорганических частиц для адресной доставки, а также предложены способы модификации оболочек полиэлектролитных капсул наночастицами металлов с целью дистанционного высвобождения 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.

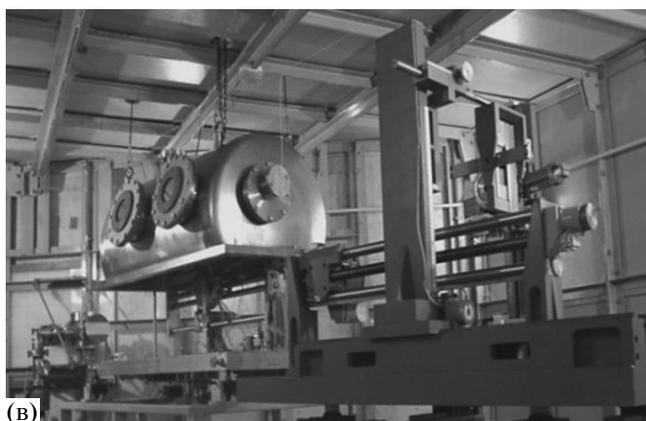
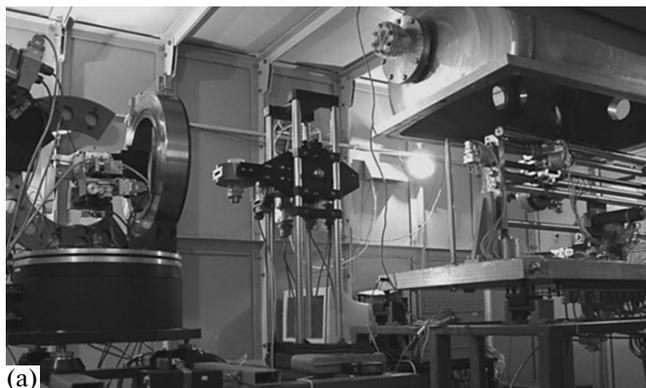


Рис. 6. Создание исследовательских станций для Курчатовского НБИК центра: экспериментальные станции (а) ПРО (прецизионной рентгеновской оптики), (б) Белок (белковой кристаллографии), (в) РКФМ (рентгеновской кристаллографии и физического материаловедения).

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

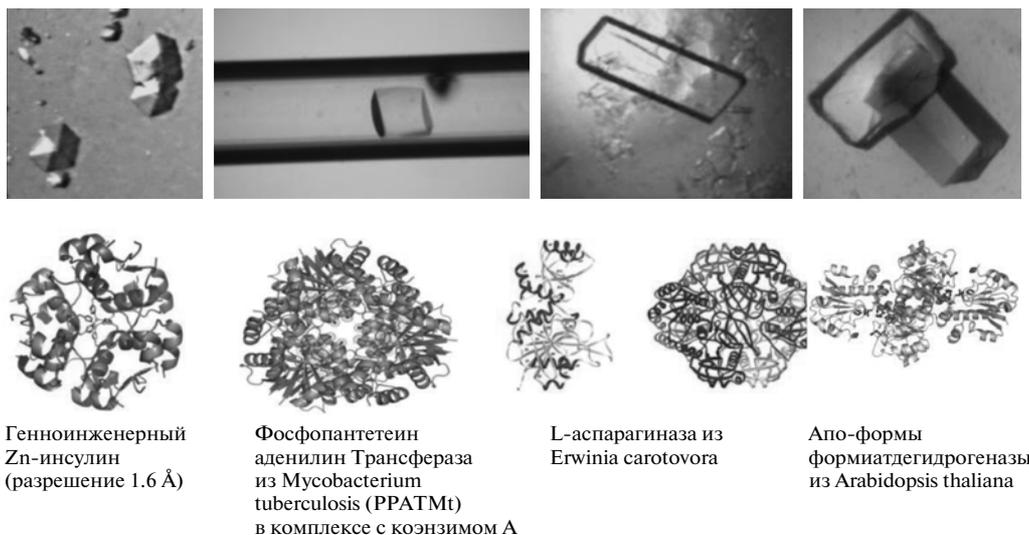


Рис. 7. Белковая кристаллография. Проведены эксперименты по выращиванию кристаллов белков на Международной космической станции в условиях пониженной гравитации. Найдены условия роста и получены пригодные для структурного исследования кристаллы двенадцати белков. По дифракционным наборам, собранным с 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.