

Развитие передовых физико-химических исследований и диагностики веществ и материалов в ИОНХ РАН

Рассказывает директор Института общей и неорганической химии им. Н. С. Курнакова Российской академии наук Владимир Константинович Иванов, доктор химических наук, член-корреспондент РАН



Обновление приборной базы в российских научных институтах в рамках национального проекта «Наука» проводится в России на конкурсной основе с 2019 года. Всего с 2020 по 2024 годы на эти цели предусмотрено выделить 84,54 млрд руб. Участвовать в конкурсах на получение такой поддержки могут только институты первой категории, показывающие результаты мирового уровня, к числу которых относится и ИОНХ им. Н. С. Курнакова РАН. О том, как в старейшем академическом институте распорядились новым оборудованием, и кто может использовать его в научных исследованиях, рассказал Владимир Константинович Иванов.

Владимир Константинович, расскажите, пожалуйста, об истории ИОНХ РАН

ИОНХ РАН – это старейший химический институт в России. Он берет начало в 1746 году, когда в Санкт-Петербурге при Академии наук по инициативе М. В. Ломоносова была основана химическая лаборатория. Фактически построена она была в 1748 году,

а до этого Ломоносов много раз ходатайствовал о ее создании перед императрицей Елизаветой Петровной. В результате на Васильевском острове появилась первая в России химическая лаборатория, продуманно спроектированная и оснащенная, в которой проводили научные опыты и вели занятия для студентов.

Уже в 20 веке, в непростом 1918 году, выдающийся российский химик Николай Семенович Курнаков

основал Институт физико-химического анализа, а Лев Александрович Чугаев, создатель российской научной школы по химии координационных соединений, организовал Институт по изучению платины и других благородных металлов. В 1934 году эти научные организации переехали в Москву и вместе с лабораторией общей химии Академии наук вошли в состав вновь созданного Института общей неорганической химии, который возглавил Н. С. Курнаков.

Институт вел обширные исследования в области физико-химического анализа, изучения солевых систем и металлических сплавов, его сотрудники анализировали руды и природные соединения. В стенах института разработаны методы выделения соединений магния и калия, которые легли в основу промышленной добычи хлорида магния и карналлита. Столь же широко изучались комплексные соединения платиновых металлов; результаты этих исследований были использованы для разработки технологических процессов аффинажа.

За многолетнюю историю в институте сложились ведущие научные школы, признанные во всем мире. Ученые института опубликовали сотни монографий и десятки тысяч статей в российских и зарубежных научных журналах.

В 2000 году в ИОНХ был основан Центр коллективного пользования. Его ключевой задачей на тот момент стало обеспечение сотрудников ИОНХ РАН возможностью работы на современном оборудовании. Очень много для ее решения на первом этапе сделал академик А. Ю. Цивадзе. Благодаря общим усилиям руководства и сотрудников Института складывался Центр коллективного пользования в ИОНХ РАН, были определены состав оборудования, принципы функционирования, порядок распределения машинного времени между научными сотрудниками. Огромный вклад в развитие Центра коллективного пользования внес недавно ушедший от нас академик Ю. А. Карпов, ведущий российский специалист по диагностике материалов. Сегодня Центром руководит д. х. н. В. Б. Барановская, специалист в области аналитической химии, обладающая большим опытом организации ЦКП в научно-исследовательских организациях.

Новый этап в развитии ЦКП ИОНХ РАН начался после того, как в соответствии с поручением Президента РФ было принято решение об оснащении ведущих научных организаций современным исследовательским оборудованием. ИОНХ им. Н. С. Курнакова РАН как институт первой категории имел право

претендовать на такое переоснащение и, разумеется, в полной мере им воспользовался.

Начиная с 2019 года, в институт стало поступать новое высокотехнологичное аналитическое лабораторное оборудование. Работа по переоснащению ЦКП продолжается по сей день: в 2022 году мы получим от государства на эти цели 135 млн руб. Естественно, этой суммой мы не ограничимся, потратим на закупки и собственные средства.

На сегодняшний день в ЦКП уже собран полноценный комплект диагностического оборудования для исследования состава, структуры и свойств материалов и химических объектов. Это аппаратура для рентгеновских исследований, для изучения микроструктуры, анализа дисперсных материалов и др.

Какие приборы ЦКП пользуются повышенным спросом у ученых?

В нашем Центре коллективного пользования сформировался очень сильный блок электронной микроскопии. Сюда относятся два сканирующих (растровых) электронных микроскопа высокого разрешения. Один такой микроскоп производства фирмы Carl Zeiss установлен в ЦКП в 2010 году. На момент покупки он стоил 2 млн евро и нисколько не утратил функциональности за годы эксплуатации. Второй высокотехнологичный прибор фирмы Tescan мы получили в конце прошлого года.

Помимо этого, в ЦКП имеется прекрасно укомплектованный комплекс рентгеновских дифракционных методов для определения структуры монокристаллов, поликристаллов и т.д.

Стараниями В. Б. Барановской в нашем Центре коллективного пользования собран парк современных приборов для химического анализа: атомно-эмиссионные спектрометры с дуговым возбуждением и с индуктивно связанной плазмой, позволяющие определять большинство химических элементов в широком диапазоне концентраций. Для тех же целей служит рентгенофлуоресцентный спектрометр.

Обновленный и оснащенный новейшими приборами ЦКП ИОНХ РАН по-прежнему ориентирован на поддержку научных исследований только сотрудников института?

Участие в программе обновления приборной базы влечет за собой определенные обязательства

За многолетнюю историю в институте сложились ведущие научные школы, признанные во всем мире

по привлечению в ЦКП сторонних пользователей. Их доля в общей численности ученых, работающих с оборудованием, должна быть довольно значимой. По счастью, у нас достаточно органично получается выполнять эти требования.

Мы ликвидировали существовавшие ранее административные препоны, так что обратиться в ЦКП нетрудно: достаточно зайти на сайт и воспользоваться простой процедурой оформления заявки. После этого перед заявителем откроется «зеленый коридор», который мы постарались организовать, реализуя принцип: минимум бумаг и максимум результата.

За каждым прибором ЦКП закреплено некоторое количество сотрудников. Помимо ответственного за прибор, к нему имеют доступ и другие ученые. К примеру, количество специалистов, допущенных к работе с электронными микроскопами, достигает у нас 30 человек. Для распределения времени между операторами, как внутренними, так и сторонними, мы пользуемся нашими внутренними электронными системами.

Такая организация работы на приборах позволяет обслуживать по мере поступления все заявки, внутренние и внешние. Мы стараемся, чтобы заторов не возникало. Например, наиболее востребованное у нас рентгеновское оборудование, поддерживающее дифракционные исследования, работает в ЦКП круглосуточно без выходных. Блок электронной микроскопии функционирует в режиме 16×7, операторы уходят оттуда только ночью.

Какие категории сторонних пользователей предпочтительны для Центра коллективного пользования ИОНХ РАН?

Мы с руководителем ЦКП сегодня активно работаем над созданием пула квалифицированных потребителей услуг Центра: нам важно найти тех, кто сможет наиболее эффективно пользоваться предоставленными возможностями. Мы заинтересованы в привлечении нескольких категорий пользователей, в первую очередь – исследователи. Важно, чтобы выполняемое ими исследование было новым, актуальным, и нашей квалификации вполне достаточно для того, чтобы его оценить. И мы фактически всем даем шанс попробовать поработать с нами и понять, насколько мы друг другу подходим. Если мы друг

другом довольны, то вступаем в долгосрочные отношения. А результаты таких исследований публикуются в научных журналах. Это обязательное условие: работа на оборудовании нашего ЦКП не может быть сделана, а затем положена в дальний ящик.

Вторая категория – это заказчики из реального сектора экономики. Как правило, они приходят в ЦКП с полным финансированием своего объема задач. Мы с ними обсуждаем детали и договариваемся о характере проводимых исследований. При этом стараемся выделить целевые группы промышленных клиентов, с которыми нам предпочтительно

работать. Одной из таких целевых групп является фармацевтическая промышленность. Другую, конечно же, составляют давние заказчики из металлургической промышленности, для которых институт много лет проводит различные исследования.

Кроме того, по существующим правилам, мы обязаны предоставлять доступ к оборудованию Центра коллективного пользования Центра грантодержателям Российского научного фонда. У нас в институте реализуется 30–40 проектов РНФ, и понятно, что все наши грантодержатели

активно пользуются ЦКП. Но мы очень заинтересованы в том, чтобы институт и ЦКП стали бы исследовательским хабом и для ученых из других учреждений, фактически прошедших предварительный отбор в рамках конкурсных процедур Российского научного фонда. Они уже подтвердили свою квалификацию, поэтому двери нашего Центра коллективного пользования для них всегда открыты.

Какие научные направления развиваются в институте с опорой на ЦКП?

Конечно, ЦКП и институт ориентированы друг на друга, связь между ними безусловная. В ИОНХ РАН существует очень сильная школа по координационной химии, широко известная на мировом уровне. И полный цикл исследований в этой области полностью обеспечен оборудованием ЦКП.

Другое направление наших работ – химико-материаловедческое. Для научной деятельности у нас, по большому счету, также имеется все необходимое. Это электронные микроскопы, порошковые дифрактометры и различная спектральная аппаратура.

В ЦКП собран полноценный комплект диагностического оборудования для исследования состава, структуры и свойств материалов и химических объектов

В ИОНХ РАН разрабатываются химические технологии, формируются основы новых технологических процессов. В России мало осталось организаций, где проводятся такие работы. А между тем использование готовых решений, приобретаемых за рубежом, влечет за собой риски, которые сейчас стали очевидны для всех. В ИОНХ РАН такие разработки ведутся, а сотрудники ЦКП их поддерживают. В частности, с анализом процессов разделения, например, редких и редкоземельных элементов, разделения органических соединений, приборный парк Центра прекрасно справляется.

Помимо этого, исторически в ИОНХ РАН сложилась очень сильная школа по соединениям бора. Это активно развивающаяся область химии, довольно сложная, потому что требует особого искусства синтетика. Здесь одно из важнейших направлений работы сегодня – так называемая бор-нейтронозахватная терапия онкологических заболеваний.

В ИОНХ существует не очень крупная, но значимая в масштабах страны и мира, лаборатория пероксидных соединений. Таких соединений достаточно много, однако большая часть из них еще не открыта. Исследования в этой области опять-таки требуют от ученых большого мастерства химика-синтетика. ЦКП позволяет продуктивно вести исследования и в этой области.

У нас очень сильная научная школа по термохимии, которая изучает высокотемпературные процессы. Материалы, пригодные к работе при высоких температурах, представляют для ИОНХа значительный исследовательский интерес. Сейчас авиационная и космическая промышленность требуют соответствующих материалов, и тут есть над чем работать, в том числе с помощью оборудования ЦКП.

Замечу, что моя группа, которая работает над созданием новых нанодисперсных биоматериалов, часто пользуется Центрами коллективного пользования других научных организаций.

Почему?

Это междисциплинарная задача, над которой должны работать химики, материаловеды, нанотехнологи, физики. Для того чтобы направленно получать такие биоматериалы, необходимо досконально знать механизмы роста наночастиц, уметь модифицировать их поверхность органическими лигандами, чтобы

частицы попадали именно в те органы и ткани, для которых требуется адресная доставка. Тут возникает много исследовательских задач и для биологов, медиков.

В чем суть вашей работы, в которой необходимо участие столь широкого круга ученых?

Примерно 10-15 лет назад мы обнаружили, что у нанодисперсных материалов, в частности нанокристаллического оксида церия, существует специфическая биологическая активность, очень высокая, совершенно неожиданная для неорганического материала.

Мы были одними из первых в мире, кто начал исследовать это соединение, и за годы напряженной поисковой работы и фундаментальных исследований получили огромный массив экспериментальных данных о нем. Оксид церия обладает мощным антиоксидантным и противовоспалительным действием, способен защищать живые системы от ионизирующего излучения.

Мы обнаружили у нанодисперсного оксида церия ранозаживляющее действие, обусловленное его антибактериальными и противовоспалительными свойствами. Два года назад мы начали масштабную научную работу во Вьетнаме: наносим на текстильные материалы оксид церия и испытываем в полевых условиях. Оказалось, наши

ткани не по зубам не только бактериям, но и грибкам. Аналогичные работы мы ведем с Институтом медико-биологических проблем, поскольку в космических аппаратах тоже очень востребованы материалы с антибактериальными и противогрибковыми свойствами.

В другой нашей научной работе, хорошо известной в России и за рубежом, доказано, что стволовые клетки ускоренно размножаются в присутствии оксида церия. Сегодня мы работаем над созданием композитных подложек на основе оксида церия для культивирования стволовых клеток.

Вокруг нас сформировался очень большой консорциум из организаций и научных групп, которым проблема создания нанобиоматериалов на основе оксида церия интересна, потому что это перспективная междисциплинарная задача. По этой теме мы взаимодействуем как минимум с 30-40 научными организациями. Совместно с коллегами-биологами движемся в сторону внедрения препаратов на основе оксида церия в косметологии, там проще оформить

Мы сегодня активно работаем над созданием пула квалифицированных потребителей услуг Центра

разрешительную документацию. Уже получены сертификаты соответствия на некоторые церийсодержащие средства, они уже поступили в продажу. Ведется работа и с Минздравом, но понятно, что это довольно долгий процесс. В одиночку, конечно, с этой работой сложно справиться.

Каковы, на ваш взгляд, современные тенденции развития академической науки?

Безусловно, перспективу имеют в первую очередь междисциплинарные исследования, потому что в узких областях современная наука продвинулась очень далеко. Искать новые темы проще на стыках между физикой и химией, химией и биологией. Науки о жизни – это сейчас очень актуальное направление, у которого имеется очевидное социальное измерение. Разумеется, в широком смысле при постановке фундаментальных исследований нам необходимо помнить, что в конечном итоге наши заказчики – это общество и государство. И мы должны работать в их интересах.

Является ли трендом цифровизация? В химии она не является чем-то новым. У нас в ИОНХе существует лаборатория квантовой химии, которая с успехом занимается расчетными задачами, в том числе и компьютерным моделированием. Вместе с тем, химия и материаловедение – преимущественно экспериментальные науки. И мне кажется, цифровые двойники вряд ли в обозримой перспективе сумеют заменить работу экспериментаторов. Второй момент заключается в том, что объекты, которые мы изучаем, становятся все сложнее. Казалось бы, тот же оксид церия имеет простейшую формулу – CeO_2 . Однако для того, чтобы его можно было использовать именно в качестве материала с требуемыми физико-химическими свойствами и биологической активностью, с ним нужно поработать: модифицировать его поверхность, поместить наночастицы в биосовместимую матрицу. В результате получается материал сложного состава, сконструированный направленно, и промоделировать или теоретически предсказать его свойства затруднительно. Зачастую материал проще синтезировать, чем просчитать, это получается экономичнее и намного быстрее. И опять-таки в химии многие открытия происходят случайно, ну разве компьютер на такое способен?

Конечно, цифровые технологии могут быть очень полезны для улучшения условий труда

и деятельности исследователей. В частности, благодаря им существенно упростился доступ ученых к актуальной научной литературе. Искусственный интеллект может помочь исследователю обрабатывать новую информацию, поскольку она накапливается чрезвычайно высокими темпами. Эта помощь будет нелишней и при определении направлений развития науки на национальном уровне, поскольку расстановка приоритетов должна основываться на своевременном анализе актуальных мировых тенденций и трендов. Сейчас, насколько мне известно, такой анализ не проводится. А без него легко потерять ориентиры в море информации, не разобраться, какие из опубликованных работ имеют перспективы и могут дать значимые результаты, а какие нет.

Следствием цифровизации стало кардинальное изменение в коммуникациях, в способах доведения информации о результатах научных исследований

до сообщества ученых. Хотим мы этого или нет, но в наше время, чем громче ты о себе заявил, тем больше шансов, что тебя услышат. Мало результат получить, его надо донести до коллег и ученых из смежных научных отраслей.

Когда мы начали работать с оксидом церия, то первые результаты получили быстро. А вот убедить коллег взять наши материалы и хотя бы попробовать – это долгая история. Лет пять мы потратили на это.

Как вы решаете кадровые вопросы?

Мы проводим кадровую политику по двум основным векторам. Первый – в отношении института, второй – в отношении Центра коллективного пользования. В институте сегодня работают 64 доктора наук и 108 кандидатов наук. За 5 лет, с 2015 по 2020 годы, средний возраст наших сотрудников уменьшился на 5 лет. И сейчас он составляет 43–44 года. Мы с молодежью активно работаем и стараемся быть для нее привлекательным работодателем.

Что касается ЦКП, то поскольку все оборудование, которое к нам поступает, это фактически готовые высокотехнологичные рабочие места, нам нужно подбирать квалифицированный персонал и обеспечивать его достойным финансированием. И тут встает вопрос относительно того, из каких средств должна оплачиваться работа сотрудников Центров коллективного пользования? Этот вопрос пока вне поля зрения государства. Хотя я считаю, что его обсуждение необходимо.

Безусловно, перспективу имеют в первую очередь междисциплинарные исследования

За минувшие три года мы добавили в ЦКП три молодежные вакансии и таким образом полностью закрыли потребность в обслуживании новых приборов. Как исследовательская организация, мы заинтересованы в том, чтобы на таких приборах работали люди со степенью кандидата наук, а до этого они обучались в нашей аспирантуре, поработали у нас.

Поскольку в ЦКП имеют возможность работать в качестве операторов все сотрудники института, мы, как администрация, следим за тем, чтобы они освоили работу на этих приборах. Они проходят авторизованное обучение, организованное компаниями поставщиками оборудования, отдельные курсы организованы на уровне института, потому что мы имеем хорошую квалификацию. Мы способны самостоятельно обслуживать свои научные интересы, а также помогать коллегам неизбежно повышать ценность исследователя на рынке труда.

Как вы работаете с молодыми людьми, у которых нет кандидатской степени?

Уже несколько лет мы участвуем в программе «Академический класс в московской школе» Департамента образования и науки города Москвы. Она предусматривает проектную деятельность школьников, которая ведется при взаимодействии школ, вузов и академических институтов. У нас около 30 прямых договоров со школами: от каждой из них может прийти двое-трое учеников, которым интересна неорганическая химия и материаловедение. Школьники приезжают к нам в ИОНХ с учителями и ведут полноценные исследования, в том числе и на оборудовании ЦКП. Они смотрят, как работает современное научное оборудование, осваивают базовые операции, а потом представляют очень достойные исследовательские работы. За три года нашего участия в программе вышли в свет семь полноценных научных статей, в том числе в ведущих международных журналах, в число авторов которых вошли наши школьники. В рамках своей проектной деятельности они наработали столько экспериментального материала, что мы сочли возможным включить их в число авторов.

В соавторстве с Александром Щербаковым мы подготовили для старших школьников книгу – практикум по нанотехнологиям и наноматериалам. Это сборник из 54 исследовательских задач, многократно апробированных и хорошо воспроизводимых. Каждая задача – это маленький проект, который

можно начать выполнять в школе, а потом прийти к нам или в какой-либо вуз для того, чтобы дополнить свои результаты, используя современное оборудование, находящееся в ЦКП. В основе задач – материалы статей, опубликованных за последние 5–10 лет.

Распространять практикум мы начали среди учителей московских школ во время большой конференции «Наука для жизни», которую проводили для школьников в ИОНХ РАН в 2019 году. Позже с помощью благотворительного фонда Андрея Мельниченко мы передали 200 экземпляров книги учителям в регионах. На сегодняшний день в общей сложности в школы направлено уже 700 экземпляров практикума.

Разумеется, мы традиционно активно сотрудничаем с вузами. Среди наших давних партнеров – Факультет наук о материалах и Химический факультет МГУ, МИТХТ, ИГХТУ и другие университеты. В последнее время у нас сложились очень хорошие отношения с Волгоградским государственным техническим университетом; не так давно большая делегация молодых ученых вместе с ректором ВолгГТУ А. В. Навроцким познакомилась с работой ЦКП и реализовала на нашем оборудовании ряд экспериментов. Мы считаем, что такая работа тоже очень важна.

Сейчас многие ведущие российские университеты участвуют в программе развития вузов «Приоритет 2030». Государство выделило им значительные средства. В рамках этой программы предполагается создание консорциумов организаций, которые будут сообща решать исследовательские задачи. Я думаю, что сотрудничество с нами по линии ЦКП поможет вузам выполнить условия программы.

Каковы планы развития ЦКП на ближайшее будущее?

Программа развития приборной базы ведущих научных организаций будет действовать еще три года. За это время мы полностью завершим переоснащение ЦКП и таким образом создадим полноценную материально-техническую базу для выполнения работ по приоритетным научным направлениям, в первую очередь, вошедшим в Стратегию научно-технического развития Российской Федерации.

Спасибо за интересный рассказ

С.В.К. Ивановым беседовали
О.А. Лаврентьева, А.Е. Крылова и В.В. Родченкова

ЦКП и институт ориентированы друг на друга