

**ДЕСЯТЬ ВДОХНОВЛЯЮЩИХ  
ИСТОРИЙ О ЖИЗНИ И НАУКЕ**



**Российский  
научный  
фонд**



**4**  
ПРЕДИСЛОВИЕ

# СОДЕРЖАНИЕ



**74**  
СИБИРСКИЕ АМБИЦИИ  
Антон Судников



**10**  
СЕМЕЙНОЕ ДЕЛО  
Семья Воротынцевых

**84**  
МАМА В НАУКЕ  
Анастасия Ефименко



**96**  
ЖЕНСКАЯ ПОЛОВИНА СКАЗКИ  
Екатерина Шишацкая



**34**  
БРАТЬЯ ПО СЧАСТЬЮ  
Александр и Владимир Виноградовы



**112**  
ВОЗВРАЩЕНИЕ НА РОДИНУ  
Дмитрий Иванов



**52**  
СДЕЛАНО ВПЕРВЫЕ  
Екатерина Скорб



**124**  
ЛЮБОВЬ И ГРАНТЫ  
Александр Павленко и Хонг Суй



**64**  
НАУЧНО-ПОПУЛЯРНЫЙ МАТЕМАТИК  
Андрей Райгородский



**136**  
ВОЗРАСТ НЕ ИМЕЕТ ЗНАЧЕНИЯ  
Максим Щербаков



# ПОИСК ИСТИНЫ

## КРАСОТА ТЕОРИЙ И ТЕОРЕМ

**Что такое наука?** Услышав подобный вопрос, мы представляем толстые, набитые сложными формулами справочники. Лаборатории, экспериментальные установки, изнурительные серии однообразных опытов. А после – груды статистических таблиц, поиск корреляций и закономерностей. Бессонные ночи в работе над статьями и отчетами. Наука – это тяжелый труд, но не только. Это мечта, азарт погони за новым знанием и неопишное удовлетворение, когда удается познать еще одну тайну Природы. Поиск истины. Красота теорий и теорем. Эмоции и радость от общения с единомышленниками.

Именно по этим причинам молодые ребята идут в науку. Но путь этот не прост. На нем много барьеров и препятствий. Современные исследования – дело дорогое, и чтобы быть на переднем краю, требуются новейшие приборы и реактивы, возможность спокойно работать, получая достойную заработную плату. Еще недавно таких условий в России не было. Безвременье 1990-х годов привело к тому, что многие ученые в поисках лучшей жизни уезжали за границу, а увлеченная молодежь бросала науку в пользу работы в коммерческих компаниях. Блестящие умы предавались ностальгии, мечтая приносить пользу своей Родине, или бесцельно перекладывали бумаги в скучных офисах.

Однако за последние 15 лет ситуация изменилась. Коренной перелом наступил пять лет назад. В 2013 году появился Российский научный фонд. За этот небольшой срок РНФ удалось серьезно изменить научный ландшафт в нашей стране. Теперь сами ученые на основании открытий и прозрачных процедур стали решать, кому и каким направлениям необходимо выделять деньги. А следовать за мечтой стало возможно, не покидая Россию. Или вернувшись домой.

Российский научный фонд отбирает и поддерживает серьезные научные исследования. Однако это не значит, что получить грант могут лишь крупные научные лаборатории и именитые ученые. Возможность вместе с Фондом развить новое направление в науке или продолжить перспективное есть и у начинающих молодых исследователей. Для них даже предусмотрены отдельные конкурсы и гранты. Одним РНФ позволяет сделать рывок вперед и занять лидирующие позиции в выбранной теме в России и в мире, а для других поддержка Фонда – возможность впервые возглавить научную группу. Вновь реализовать свою мечту. Познать еще непознанное. Стать первым, заглянувшим в неизведанное.



Рауль Гайнетдинов  
профессор, директор Института трансляционной медицины СПбГУ

**Главное достоинство грантов РНФ в том, что они создают возможность полноценной научной деятельности в России. А это позволяет таким ученым, как я, поработавшим и уже осевшим за границей, вернуться домой.**



Олег Синяшин  
академик РАН, директор Казанского научного центра РАН

**Лично для меня важно, что создание Российского научного фонда и выделение грантов такого уровня позволяет научным организациям заглянуть за горизонт. Грант РНФ дает возможность решать сложные научные проблемы на высоком уровне, ставить перед коллективом цели, о которых в прошлые десятилетия мы не имели возможности даже думать.**



▶ **НАМ ВСЕГДА ХОТЕЛОСЬ УЗНАТЬ, КАК ЖЕ ФОНД МЕНЯЕТ ЖИЗНЬ И КАРЬЕРНУЮ ТРАЕКТОРИЮ УЧЕНЫХ, ПОЛУЧИВШИХ ГРАНТ. И ЭТА КНИГА СТАЛА ОТВЕТОМ. НАСТОЯЩИМ, ИСКРЕННИМ, ПРАВДИВЫМ. МЫ ХОТЕЛИ УВИДЕТЬ РЕАЛЬНЫХ ЛЮДЕЙ, ИХ ДОСТИЖЕНИЯ И ЭМОЦИИ, СТОЯЩИЕ ЗА СУХИМИ СТРОЧКАМИ ОТЧЕТОВ И ОФИЦИАЛЬНЫХ ДОКУМЕНТОВ. ДЛЯ НАС ВАЖНА НЕ ТОЛЬКО ФОРМАЛЬНАЯ УСПЕШНОСТЬ РНФ, НО ПОНИМАНИЕ ИСТИННОГО ВЛИЯНИЯ ФОНДА НА СУДЬБУ ОТЕЧЕСТВЕННЫХ УЧЕНЫХ.**

В книге собраны яркие истории из жизни наших грантополучателей. Из первых рук вы узнаете об их пути в науку, идеях, неудачах, стремлениях и достижениях. О том, как они шли к своей цели, и чего им удалось добиться вместе с Фондом. Часть историй можно считать собирательными, и наверняка найдутся читатели, которые увидят в ком-то из наших героев себя. Но нередко биография ученых оказывается интереснее лихого детектива или авантюрного романа. Мы же очень гордимся всеми ими и хотим, чтобы об их судьбах узнали и вы.



Дмитрий Орлов

заведующий отделом алгебраической геометрии Математического института имени В. А. Стеклова, член-корреспондент РАН

””

**Я считаю, программы РНФ, оказывающие поддержку институтам и лабораториям, – это лучшее, что есть в России с точки зрения грантового финансирования науки.**

Конечно, сейчас в копилке Фонда уже свыше 5 500 высококлассных проектов, над которыми работают более 50 000 ученых: как мировых звезд, так и только начинающих обретать признание молодых звездочек. И да, мы бы хотели рассказать о них всех! Но пришлось делать сложный выбор; возможно, такой же сложный, как и нашим экспертам.

Кстати, в РНФ получателей грантов определяют сами ученые. У нас около 6 000 экспертов и три экспертных совета, формирующихся путем голосования. Силами экспертного пула проведено уже более 140 000 экспертиз!

◀ **5 500**  
**ПРОЕКТОВ**  
**более**  
**50 000 ученых**



Да, пять лет — небольшой срок для научной сферы. Но за эти годы нам удалось помочь реализовать мечты тысяч ученых в десятках городов России. На свои исследования они получили от нас более 80 миллиардов рублей, а их результат нашел отражение в 105 000 публикаций в научных журналах, 38 000 из которых представлены в Web of Science. Результаты многих работ, поддержанных Фондом, появились и на страницах знаменитых журналов, таких как Nature и Science – настоящего Святого Грааля для каждого исследователя.

► **Выдано грантов 80 млрд рублей**



Юлия Горбунова

член-корреспондент РАН, доктор химических наук, главный научный сотрудник Института общей и неорганической химии имени Н. С. Курнакова РАН, главный научный сотрудник Института физической химии и электрохимии имени А. Н. Фрумкина РАН

”

**Благодаря гранту РНФ удалось объединить усилия химиков-синтетиков, материаловедов и биофизиков и создать высокомотивированную молодежную группу исследователей, способную получать конкурентоспособные научные результаты мирового уровня. Наш грант посвящен одному из вызовов XXI века – борьбе с онкологическими заболеваниями и бактериологическими инфекциями.**

#### **ИСТОРИИ УСПЕХА**

ученых мотивируют нас работать еще больше. Добиться высочайших стандартов в нашей деятельности, простоты и удобства всех процедур в РНФ. Мы очень надеемся, что собранные здесь интервью тронут и вас. Покажите этот сборник вашим детям. Быть может, они сделают правильный выбор в своей жизни и спустя пять-десять лет придут в наш Фонд: сначала за первым грантом как молодые ученые, а потом – уже лидерами групп, признанными мировыми светилами. Ну, а мы всегда скромно поддержим их. Просто поможем осуществить мечты и вновь испытать радость познания. А потом включим в 10-й, 100-й, а, может, 1000-й том этого сборника.

📍 Нижний Новгород

## Семейное дело

Один в поле не воин. Эта поговорка как нельзя лучше подходит к описанию специфики работы ученых. В одиночку трудно что-то сделать, особенно, когда речь идет не о математике или теоретической физике, а, например, о химии. Наука делается коллаборациями. Одна из самых сплоченных коллабораций – сотрудничество внутри семьи. На своем примере это доказывает династия химиков из Нижнего Новгорода – отец и братья Воротынцевы.





## Династия химиков из Нижнего Новгорода создала высокотехнологичную лабораторию и внедряет результаты фундаментальных исследований в практику.

В 2014 году попечители и сотрудники Российского научного фонда приехали в Нижний Новгород рассказать о грантовых программах и возможностях тогда еще только начавшего работу Фонда. Много говорили о том, что ученым необходимо идти в ногу с мировой наукой, а не заниматься местечковыми исследованиями. У семьи химиков Воротынцевых – отца Владимира и сыновей Ильи и Андрея – из Нижегородского государственного технического университета имени Р. Е. Алексеева (НГТУ) не было соответствующего научного задела для подготовки проекта. Но ученые горели желанием реализовать свою новую, только формирующуюся, идею и положить начало свежему направлению – созданию совершенных полимерных мембран с участием ионных жидкостей для очистки разных веществ, – поэтому решились и подали заявку на грант. Проект получил поддержку и уже спустя несколько лет позволил им создать в городе высокотехнологичную лабораторию, вырастить десятки влюбленных в свою работу молодых сотрудников, востребованных в ведущих компаниях страны, и начать совместные разработки с бизнесом.



Илья Воротынцев



Это был смелый поступок, потому что обязательства по количеству статей были серьезные: в то время одна статья, вышедшая в журнале первого квартиля\*, не считалась за две\*\*. Мы с отцом взяли одни из первых грантов в нашем университете. Причем нам хотелось не просто потратить деньги на зарплаты и новое оборудование, а сделать что-то по-настоящему красивое и уникальное.

У семьи Воротынцевых уже был опыт создания принципиально новых вещей. Заниматься мембранами в Нижнем Новгороде начали еще в 1980-х под руководством Владимира Воротынцева. Владимир, входивший на тот момент в Академию наук, собрал увлеченную темой команду, подключил к работе молодых ученых со своей кафедры физики и технологии материалов и компонентов электронной техники в НГТУ и создал производственное объединение по разработке и выпуску в Дзержинске высокочистых газов для изготовления компонентов электронных устройств. Это первое производство такого типа, как в СССР, так и в России. Когда Илья и Андрей поступили в университет, все свободное время они проводили на заводе отца, занимаясь настройкой и созданием оборудования, а позже – и продвижением продукции (R&D) в другие страны.

Имея такой богатый бэкграунд развития новых проектов, в 2015 году, когда удалось выиграть гранты РНФ, ученые на средства других проектов переформатировали пространства кафедры для будущей Лаборатории мембранных и каталитических процессов и приступили к исследованиям.



**Я НЕ ДУМАЮ, ЧТО В СТРАНЕ МНОГО КОМАНД, КОТОРЫЕ ОБЛАДАЮТ ТАКИМИ КОМПЕТЕНЦИЯМИ И ПОДХОДАМИ К РАБОТЕ, КАК У НАС.**

Я не думаю, что в стране много команд, которые обладают такими компетенциями и подходами к работе, как у нас. Сейчас в нашей лаборатории два подразделения: одно занимается созданием новых полимеров и катализаторов и их модификацией. А во второй лаборатории мы тестируем наши новые материалы уже в реальных процессах, моделируем их и при помощи математических методов. Здесь же мы создаем собственное оборудование и совершенствуем купленное. Таким образом, мы реализуем комплексный подход: от материала к технологии.



\* Пул наиболее авторитетных иностранных журналов. – Примеч. ред.

\*\* С 2017 года Фондом были введены правила, в соответствии с которыми во многих конкурсах 1 статья в журнале первого квартиля приравнивалась к двум статьям в журналах с более низкой цитируемостью. – Примеч. ред.





# Илья Воротынцев



- ▶ Доктор технических наук, профессор НГТУ имени Р. Е. Алексеева, трижды обладатель грантов Президента РФ для молодых докторов наук, лауреат множества премий и первый президент Международного молодежного союза химиков.

## ГРАНТЫ РФ

- 2015–2017 | «Разработка гибридных схем выделения сероводорода и углекислого газа из газовых смесей».
- 2018–2020 | «Разработка новых мембранных материалов на базе ионных жидкостей для выделения кислых газов».





## О НАУКЕ

Полимерная мембрана – это тонкая пластинка, основа современных разделительных технологий, которые приходят на смену традиционным дистилляционным и сорбционным процессам. Мембрана настолько тонкая, что колеблется от дуновения ветра. Но когда она находится внутри мембранного аппарата, то позволяет газам проходить через нее: какие-то газы проходят быстрее, какие-то – медленнее, так и происходит разделение. Таким образом очищаются многие вещества на производстве: например, так получают особо чистую воду для производства соков, минеральной воды и пива.

Полимерная мембрана – это полимер, то есть пластик. Вещи из пластика сравнительно дешевы, поэтому мы берем в супермаркете кучу пакетов и выбрасываем их, придя домой. Мембраны в отличие, например, от сорбентов работают достаточно долго, почти вечно, потому что в них ничего не задерживается. Такие мембраны нужны для разделения нефти на компоненты – бензин, керосин и другие, для разделения морской воды на питьевую и соли и многих других процессов. Обычно для этого что-то кипятят, испаряют или плавят, то есть совершают фазовый переход: от жидкой фазы к газообразной, от кристаллической к жидкой – а для этого нужно иметь большое количество энергии. В случае с мембранами есть только одна фаза – газовая или жидкая. Сама мембрана похожа на листок бумаги, хотя она устроена гораздо сложнее, чем выглядит, и состоит из разных полимерных материалов. С участием мембраны разделение фаз не происходит, то есть энергии тратится меньше, а значит компания, если мы говорим про конечного пользователя, экономит.

Илья Воротынцев



Мне – возможно, из-за того, что я окончил кафедру физической химии – было интересно посмотреть, что происходит с мембраной как с полимером в момент разделения газов. Так я стал развивать материаловедческое направление – создание новых полимерных мембран и изучение механизмов проникновения газов через них. А лет десять назад я побывал на крупнейшей в мире химической конференции и узнал, что есть такие мембраны, в которые встроены ионные жидкости и которые, собственно, обеспечивают облегченный транспорт веществ. С того момента я заинтересовался этой темой и так, потихонечку, в свободное время стал наблюдать, что происходит, когда газ берут, как человека за руку, и проводят через мембрану. Из этой идеи и родился мой первый грант РНФ.

### ЭТОТ ПРОЕКТ

стал разгонной площадкой для нижегородских исследователей. Они стремились понять, как далеко смогут уйти в исследованиях и какие направления вырастут из стартового. И их выросло сразу несколько, под каждое направление теперь выделены человеческие и финансовые ресурсы.

Успешные результаты первого проекта позволили мне выиграть в этом году второй грант. Также по первому гранту мы создавали полимерные мембраны с инкорпорированными ионными жидкостями внутри пористой полимерной мембраны. Этот подход теперь развивается в работах моего брата, который выиграл грант РНФ в рамках Президентской программы, но не в мембранах, а в катализаторах. Кроме того, нам удалось получить мембраны с внутренней разветвленной архитектурой, показавшие интересные газоразделительные свойства. Это была совместная работа с коллегами из Казани – двумя молодыми кандидатами наук, которых необходимо было привлечь к проекту по условиям конкурса. Одна из них – Алсу Ахметшина, первая победительница в России престижного гранта ЮНЕСКО, «ФосАгро» и IUPAC по зеленой химии, – осталась работать в нашей лаборатории после завершения проекта. И наконец, мы создали сополимеры\* с разлагаемым хитозаном\*\* – очень интересная тема с экологической направленностью.

\* Сопolíмеры, в отличие от полимеров, состоят из звеньев-мономеров разных типов. – Примеч. ред.

\*\* Широко используемое вещество из панцирей ракообразных. – Примеч. ред.



## О ПРОИЗВОДСТВЕ

При работе с полимерами любой ученый сталкивается с проблемой их утилизации, ведь они разлагаются сотни лет. Вместе с одним из аспирантов – Ксенией Отвагиной – Илья сделал смесь хитозана с полимерными мембранами и ионными жидкостями. В начале работы над этим ответвлением проекта исследователи думали, что они будут разделять метан, углекислый газ и сероводород, и это поможет очищать природный газ на каком-нибудь производстве. Но проект пошел дальше: сейчас Илья ведет переговоры по созданию большой мембранной установки для выделения углекислого газа из смесей. Подобные принципы работы мембраны уже внедрены на нескольких небольших заводах, но там, по словам ученых, используют вредные химические методы и применяют газ для насыщения им газированных напитков.

Илья Воротынцев

Глобально мы всегда смотрели чуть дальше, чем просто написание статей, и пытались найти индустриального партнера, который заинтересуется нашей работой. Я думаю, проблема бесперспективности разработок ученых, как в нашей стране, так и за рубежом, заключается в том, что у них довольно слабые связи с бизнесом.

”

**НАША ПОЛИТИКА – ПОСТОЯННОЕ ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ С БИЗНЕСОМ. КОГДА МЫ ВСТРЕЧАЕМСЯ С ТЕХНОЛОГАМИ, ПОЛУЧАЮТСЯ ОЧЕНЬ ПРОДУКТИВНЫЕ БЕСЕДЫ. МЫ РАССКАЗЫВАЕМ, ЧТО МЫ МОЖЕМ, ОНИ ГОВОРЯТ, ЧТО ИМ НУЖНО, И МЫ НАХОДИМ МНОГО ТОЧЕК СОПРИКОСНОВЕНИЯ. ПОТОМ ЭТИ СОВМЕСТНЫЕ ИДЕИ МЫ ПРЕДЛАГАЕМ РУКОВОДСТВУ КОМПАНИИ.**

Раньше я думал, что трудность в работе с индустрией – это только российская проблема, но сейчас мы много общаемся с иностранцами, и я понимаю, что это общая беда. На научных конференциях как-то выступали представители транснациональной химической компании Linde и химического концерна Evonik. Linde известна как газовая компания, занимается производственными процессами, а одно из подразделений Evonik делает мембраны. Они получили мощный синергетический эффект, объединив свои продукты в совместной технологии. И таких примеров немало. Один мой знакомый – профессор из Англии Андрей Ливингстон – много лет создавал мембраны и компанию по их производству. Когда в итоге у него все получилось, его компанию купил индустриальный партнер, и все остались довольны.



▶▶ ▶

**ТАКОЕ ОБОРУДОВАНИЕ**, которое стоит в лабораториях Воротынцевых, трудно найти где-то еще. Они создали его сами. Когда стало понятно, что большую часть гранта нельзя тратить только на оборудование, иначе попросту не хватит ни на что остальное, ученые стали закупать детали для оборудования отдельно и собирать их.

Часть базового оборудования удалось получить еще в 2011 году на деньги вуза. Сегодня оно выглядит уже иначе, потому что было модифицировано учеными под свои исследовательские задачи. По словам Воротынцевых, сейчас только порядка 10% гранта уходит на закупку оборудования, а почти каждый сотрудник лаборатории умеет «варить», разбираться в электрике и паять трубы.

?? **ПРИ СОВЕРШЕНСТВОВАНИИ ОБОРУДОВАНИЯ МЫ СТАРАЕМСЯ ИНВЕСТИРОВАТЬ В ПРОМЫШЛЕННЫЙ ДИЗАЙН. МЫ СЧИТАЕМ, ЧТО НЕ ТОЛЬКО ФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ, НО И ЭСТЕТИЧЕСКИ КРАСИВЫЕ ОБЪЕКТЫ ПРОИЗВОДЯТ ХОРОШЕЕ ВПЕЧАТЛЕНИЕ НА ИНДУСТРИАЛЬНОГО ПАРТНЕРА. ДА НАМ САМИМ ПРИЯТНЕЕ РАБОТАТЬ С ТАКИМИ ПРИБОРАМИ.**

Так произошло и с мусороперерабатывающим заводом, прототип которого уже стоит в отдельной комнате. Это его тестовая версия, но вскоре совместно с промышленным партнером Воротынцевы планируют создать производственную версию установки. Первоначально мусор сжигается традиционным путем при разных температурах, а далее доокисляется с катализатором (ускорителем реакции) для утилизации вредных канцерогенных веществ, и на выходе получается топливо. Такая интересная технология получилась случайно: исследователи просто решили нетрадиционно взглянуть на традиционный процесс.



**В лаборатории Воротынцевых Илья отвечает за продвижение продуктов и общение с инвесторами, Андрей – за совершенствование приборного парка.**



# Андрей Воротынцев



- ▶ Кандидат химических наук, дважды лауреат стипендии Президента РФ молодым ученым и аспирантам.

## ГРАНТ ПРЕЗИДЕНТСКОЙ ПРОГРАММЫ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИХ ПРОЕКТОВ РФ

- 2017–2019 «Разработка высокоселективных каталитических систем для процессов низкотемпературного диспропорционирования, гидрирования и восстановления хлорсиланов: синтез, свойства, механизм и применение».



## О ТЕХНОЛОГИЯХ

Владимир Воротынцев называет младшего сына «наш Кулибин». Андрею было двадцать, когда он занялся поиском экономичного и эффективного способа переработки тетраоксида кремния, остающегося в процессе производства поликристаллического кремния. Поликремний нужен почти везде, ведь он становится основой ключевых компонентов электроники, в том числе гаджетов и солнечных батарей. Еще во время обучения в НГТУ Андрей по программе «УМНИК» Фонда Бортника создал собственное предприятие по разработке и совершенствованию катализаторов для решения проблемы. В 2017 году Андрей выиграл грант Президентской программы исследовательских проектов РФ и со своей командой продолжает работу в этом направлении. Ему удалось создать процесс производства поликремния со стопроцентной переработкой отходов.

Андрей Воротынцев



Чтобы добиться такого результата Андрей, **во-первых**, разработал полимерный ускоритель реакции.

**Это микрошарики с разветвленной структурой внутри. Мы влияем на размер, структуру и внутренние характеристики шариков: можем увеличивать или уменьшать поры, чтобы туда какие-то вещества проникали лучше, какие-то – хуже. К ним мы «пришиваем» различные активные центры, в качестве которых выступают ионные жидкости, и реакция у нас запускается иначе – лучше.**

**Во-вторых**, Андрей со всей командой, как принято в этой лаборатории, переоборудовал купленные приборы под свои задачи, создав комплекс из масс-спектрометра и двух реакторов для переработки тетраоксида кремния, которые работают параллельно, что, по словам Андрея, дает принципиально другой результат для наблюдения за процессом.

**Мы сами делаем установки, занимаемся инжинирингом и программированием промышленных компьютеров – в общем, абсолютно всем, что не связано с химией.**

”

**МЫ ЗА КОЛЛАБОРАЦИЮ КАК ВНУТРИ СТРАНЫ, ТАК И ЗА ЕЕ ПРЕДЕЛАМИ. ЭТО ЗДОРОВО ПОМОГАЕТ В РАБОТЕ.**

Илья Воротынцев

На одном из столов стоит прибор, сделанный в Японии. Воротынцевы полностью разобрали и вновь собрали его, оснастив новыми элементами. Когда японцы приехали посмотреть на лабораторию коллег, они не узнали свой прибор – настолько он преобразился.

**Работа сервис-инженера стоит примерно 32 тысячи рублей в день. Но, имея друзей в разных областях, можно найти сервис-инженера, который поделится мануалом, и ты сам научишься разбирать и собирать хромато-масс-спектрометр по гаечкам. Недавно заключили соглашение о сотрудничестве с Екатеринбургским университетом, теперь будем отправлять туда образцы, потому что они делают микроскопию на высоком уровне. У нас разрешение – до пяти микрон, у них – до двухсот нанометров, что критично в нашем случае.**





# Владимир Воротынцев



- ▶ Доктор химических наук, профессор, заведующий кафедрой нанотехнологии и биотехнологии НГТУ имени Р. Е. Алексея, почетный работник высшего образования.

## ГРАНТ РФ

2015–2017

«Плазменная аддитивная технология получения высокочистых халькогенидных стекол и создание на их основе 3-D элементов микрофотоники и оптоэлектроники ИК диапазона с использованием фемтосекундного лазерного излучения».



## ОБ ОБРАЗОВАНИИ

В лаборатории работают 20 человек, из них 8 аспирантов, 5 магистрантов и молодые кандидаты наук. Все они периодически отправляются в дружественные организации по всему миру за новыми навыками. Поездки за границу на стажировки и конференции – одна из важнейших составляющих образовательного процесса в лаборатории Воротынцевых.

Илья Воротынцев



**Мы специально отправляем сотрудников на курсы английского языка, чтобы они дополнительно готовились к докладам на зарубежных конференциях. Все ребята в обязательном порядке участвуют в «УМНИКЕ», это старт карьеры. Почти все получили гранты Нижегородской области в сфере науки и техники и часть – стипендии Президента РФ. Это не похвала, это некая данность.**

Владимир Воротынцев создал в техническом университете научную школу на кафедре нанотехнологии и биотехнологии. Его сыновья подпитали кафедру молодыми сотрудниками. Некоторые из них защитили кандидатские диссертации несколько лет назад, но не ушли, потому что здесь им обеспечивают хороший уровень заработной платы и позволяют заниматься не только наукой, но и производственными процессами, что помогает разнообразить рабочий день.

Максим Трубянов несколько лет работал сервис-инженером в компании, которая торговала научными приборами, хотя Максим – выпускник кафедры Воротынцевых. Ученые предложили ему перейти к ним в лабораторию и заняться одним проектом, сохраняя примерно тот же уровень заработной платы. Сейчас Максим ведет сразу несколько проектов, которые подержаны выигранными им грантами и стипендиями.



У меня есть магистрант первого года, который был целевым студентом от Пензенского радиозавода. Сейчас он уже думает расторгнуть договор с заводом, выплатить им 100 тысяч рублей компенсации за оплаченное компанией обучение и приехать работать к нам, несмотря на то, что директор завода очень ждет его и предлагает хорошую зарплату и жилье.



**8 аспирантов**  
**5 магистрантов**  
**7 кандидатов наук**

## О ГРАНТАХ

На счету Ксении Отвагиной, аспирантки третьего года обучения, как и у остальных сотрудников лаборатории, уже несколько статей в хороших журналах. Но наукой она не ограничивается. Ксения входит в бюро Европейского союза молодых химиков и организует образовательные курсы в университете, в том числе международного уровня. Способствует объединению и развитию сообщества химиков и сам Илья. Год назад он стал первым президентом Международного молодежного союза химиков.

Одно время лаборатория Воротынцевых работала по пяти грантам РНФ, причем проекты были абсолютно не связаны друг с другом. Сейчас их четыре. Но есть еще и гранты других фондов, стипендии Президента РФ. А в этом году появился первый договор с индустриальным партнером. Бюджет лаборатории составляет порядка 30–40 миллионов рублей в год.



**МНЕ ПРАВЯТСЯ ПРАВИЛА РАБОТЫ С ГРАНТАМИ РОССИЙСКОГО НАУЧНОГО ФОНДА. РНФ ЗДОРОВО ПОДСТЕГИВАЕТ НЕ ТОЛЬКО НАРАЩИВАТЬ КОЛИЧЕСТВО СТАТЕЙ, НО ДЕЛАТЬ ИХ КАЧЕСТВЕННЫМИ.**





## О СЕМЬЕ

Владимир Воротынцев



Как вы знаете, у нас в Академии наук так: если ты занимаешься фундаментальными исследованиями – хорошо, а если ты вовлечен в прикладные исследования – ты белая ворона. С моей точки зрения, это неправильно. Если посмотреть историю развития научных разработок, у нас академики участвовали в изготовлении мин во время Великой Отечественной войны, в атомных проектах и многих других. Я считаю, что, если академики, которые действительно разбираются в теме, повернутся лицом к промышленности, то они сделают очень многое для развития отраслей.

Воротынцеву-старшему было в свое время трудно не только внедрять свои разработки на рынок, но и бороться с предвзятостью по отношению к его семье.



**Предыдущий ректор нашего технического университета однажды вызывает меня и говорит: «Почему у тебя на кафедре работают твои дети?» Я ответил, что, если ты приводишь плохих родственников – это семейственность, а если хороших – это династия.**

Причем династия, по словам главы семьи, формировалась естественно: пока Илья и Андрей росли, они бывали в Академии наук, ходили в лабораторию отца и слушали его беседы с коллегами.

Я думаю, наше преимущество в том, что мы можем выполнять большой объем исследований, потому что нам не приходится налаживать контакты друг с другом, они уже налажены.



**В БУДУЩЕМ** Воротынцевы планируют сотрудничать друг с другом более тесно, объединить свои силы для работы над одним исследованием и сделать переход к направлению, о котором давно мечтали, – мембранному катализу.



Это будет какая-то мембрана – полимерная или неорганическая. На эту мембрану мы будем наносить некие частицы, функционализировать какими-то органическими веществами и чем-то еще и, таким образом, совмещать два процесса: катализ, который происходит на поверхности вещества, и мембранное газоразделение, когда продукты реакции и исходные вещества будут разделяться.



▶ Воротынцевы называют свою лабораторию самой красивой лабораторией города. Они вкладывают ресурсы в ее дизайн, промышленный дизайн приборного парка и продвижение в социальных сетях. Сотрудники проводят экскурсии и читают открытые научно-популярные лекции для школьников и студентов. А в этом году провели Первую международную химико-технологическую летнюю школу по мембранным технологиям для молодых «мембранщиков» из Нижнего Новгорода, Москвы и Санкт-Петербурга. Главным спикером выступил профессор Нового лиссабонского университета профессор Жоа Креспо – один из ведущих ученых в мире в области мембран и мембранных технологий.



📍 САНКТ-ПЕТЕРБУРГ

## Братья по счастью

Илья и Андрей Воротынцевы – не единственный пример слаженной работы ученых в семье. В Петербурге живут братья-близнецы Александр и Владимир Виноградовы. Они тоже химики и тоже занимаются фундаментальными и прикладными исследованиями. При поддержке третьего брата ученые проводят тестирование своих препаратов и продают разработки бизнесу. За считанные годы они создали большой кластер для обучения молодежи и зарекомендовали себя в мире сразу в нескольких областях науки.





## Созданная четыре года назад лаборатория двух братьев из Петербурга превратилась во всемирно известный научно-образовательный кластер.

Братья-химики из Университета ИТМО – Александр и Владимир Виноградовы – реализовали свою мечту и в 2014 году основали лабораторию. В 2016 году оба получили по гранту РФФИ на поддержку отдельных научных групп. Сейчас ученые руководят химико-биологическим кластером, где работают одни из лучших исследователей в этой области, имеют более 10 грантов и более 100 сотрудников, большая часть из которых – талантливые магистранты и аспиранты. Братья запустили несколько международных образовательных программ магистратуры, где в основе лежит концепция обучения через науку. Лаборатория известна мировому сообществу уникальными разработками в области струйной печати оптических наноструктур и технологий «защищенной» печати, а также нехирургического метода терапии тромбоза. Сейчас идут доклинические испытания одних разработок и внедрение на рынок других.

После окончания аспирантуры, в 2012 году Владимир Виноградов уехал работать в Израиль, а Александр Виноградов уехал в Германию. Несмотря на дальние расстояния, они хотели развивать науку вместе. Пусть эта потребность не озвучивалась, но она витала в воздухе. Спустя два года братьям удалось реализовать свое стремление работать вместе.



## ОБ ОБРАЗОВАНИИ

Мы мечтали о собственной научной лаборатории. Хотелось многое дать молодым людям, которые могут, хотя и не имеют возможности воплотить свои идеи в жизнь. В России таких ребят очень много и, ежегодно принимая в кластер 50–70 студентов магистратуры со всех уголков России, мы слышим их положительные отзывы за предоставленную возможность трудиться на «острие» науки и самореализовываться. Однажды нам пришло предложение от проректора Университета ИТМО, в котором предлагалось встретиться и обсудить возможность совместной работы. Это было в то время, когда мы с братом активно погрузились в научную работу за рубежом. Естественно, мы никак не отреагировали на это предложение, потому что университет ИТМО как химический вуз был для нас абсолютно неизвестным. Однако вмешался наш третий брат и сообщил, что эта была его инициатива. Он заставил нас дать ответ, и началось обсуждение.

Александр Виноградов



**ПЕРВАЯ ЛАБОРАТОРИЯ** братьев Виноградовых была комнатой в 33 квадратных метра.

Сегодня это химико-биологический кластер размером почти в 3 000 квадратных метров, оснащенный современным оборудованием, лекториями, коворкингами и офисами. Здесь располагаются 12 лабораторий и работает более 100 человек.

За четыре года совершена гигантская работа. Прежде всего, это заслуга людей, которые с нами работают и нам доверяют. Молодых, креативных студентов, магистрантов, аспирантов и, конечно же, групп-лидеров. Тех, кто дал нам возможность для старта и развития.





## О МЕДИЦИНСКИХ РАЗРАБОТКАХ

Закупорка кровеносных сосудов – основная причина смертности во всем мире. В России до 60% населения умирает от осложнений сердечно-сосудистых заболеваний, в основном – инфарктов и инсультов. Когда Виноградовы подошли к этой проблеме и посмотрели статистику, то обнаружили, что в мире множество научных публикаций и конференций затрагивает тему наночастиц для терапии рака, однако почти никто не занимается материалами для нехирургической терапии тромбозов. На рынке уже есть три одобренных тромболитических препарата для неинвазивной терапии. Но несмотря на это, в 90% случаев осуществляется хирургическое вмешательство, потому что указанные препараты быстро теряют активность и имеют массу побочных эффектов.

Владимир Виноградов

**Понимая специфику работы нанофармацевтического рынка, мы решили сделать очень хитрую вещь. Во-первых, создать магнитно управляемый тромболитик, который можно было бы направлять непосредственно в зону закупорки сосуда. Это концептуальная идея. Во-вторых, мы решили использовать только те препараты и компоненты, которые уже имеют разрешение на введение в организм человека, что существенно облегчает доклиническую и клиническую апробацию. Уникальность препарата заключается в его структуре, существенно увеличивающей терапевтический индекс лекарственного вещества. За три года работы в рамках гранта РНФ мы смогли довести эту формулу до совершенства.**

SCAMT\* изначально стремился поддерживать молодых исследователей, поэтому Виноградовы запустили образовательные магистерские программы. Преподавание проходит на английском языке по модульной системе. Большинство занятий – практические: минимум 5 дней в неделю учащиеся проводят в лаборатории, реализуя свои проекты. Теория направлена на поддержку этих проектов. Не удивительно, что все первые авторы статей – магистранты. Спустя два года работы в лаборатории начинающие исследователи имеют достаточный багаж публикаций в авторитетных журналах и опыт прохождения стажировок в ведущих лабораториях мира.

**В прошлом году мы, первые в России, открыли новую специализацию – техноброкерство в области наноинжиниринга и биотехнологии. Это специальность, которая позволяет развивать внедренческие компетенции молодых ребят, осваивая их на конкретных разработках кластера. Такие программы уже внедрены в десятках лучших университетов мира. Мы хотим, чтобы университет ИТМО был в этой десятке, а лаборатория SCAMT давала возможность талантливым ребятам получать новые знания, завершая выполнение научных проектов их коммерциализацией.**

Виноградовы не просто хотят научить своих подопечных понимать, как та или иная лабораторная наработка может быть внедрена на рынок. Они сами внедряют результаты своих исследований.

**” Нам удалось занять мировую нишу с этой тематикой. Мы в ней считаемся экспертами.**

Препарат проявил и другие свойства: под воздействием лекарства происходит не только рассасывание тромба, но и устраняется вероятность появления новых сгустков. По сути, ученые соединили два препарата в одном. Но это еще не все. Команде Владимира в экспериментах на животных удалось показать, что даже без магнитного нацеливания их препарат по сравнению с классическим тромболитиком в десятки раз эффективнее. А благодаря тому, что фермент (ускоритель реакции) и наночастицы формируют определенную структуру, фермент работает гораздо дольше и дает лекарству пролонгированный эффект.

Тема настолько актуальна и в то же время настолько бедна на оригинальные разработки, что на крупных научных конференциях Владимир практически в одиночестве рассказывает о работе в этой области.



# Владимир Виноградов



- ▶ Кандидат химических наук,  
руководитель лаборатории SCAMT,  
доцент химико-биологического кластера  
Университета ИТМО,  
обладатель премии Ульриха\*, 2017 г.

## ГРАНТ РФ

- 2016–2018 «Биокерамические материалы  
продолжительного действия  
для профилактики и терапии атеротромбоза».

\* Каждые два года международное сообщество Sol-Gel выбирает одного-двух победителей в этой номинации за выдающийся вклад в продвижение практикоориентированных исследований. – Примеч. ред.

У команды Владимира статьи выходят в журналах первого квартала, с высоким импакт-фактором – максимальным в области материаловедения, а сам процесс рассмотрения статей занимает всего полтора месяца.

Наночастицами Виноградовых заинтересовалась шведская компания. Ученые оформили патент и ждут продолжения доклинических исследований, в том числе в Европе. На территории России доклинические испытания проводятся в рамках проекта «Фарма 2020».

Реализовать медицинские проекты помогает старший брат Александра и Владимира. Он травматолог-ортопед и большую часть времени занимается врачебной практикой. В остальное время участвует в постановке и формировании научных задач братьев-ученых, помогает осуществлять доклинические и клинические испытания.

**Брат также сыграл ключевую роль в нашем жизненном пути. Когда мы хотели поступать в химический университет, а наши родители были на это не настроены, именно он переубедил их и направил нас учиться именно туда, куда мы хотели. Кроме того, он фактически заложил первый фундамент лаборатории SCAMT, инициировав первую встречу.**

Непосредственно над созданием лекарственных средств работает 12 человек. Среди зрелых участников – член-корреспондент РАН Иван Дуданов. Он руководит сосудистым центром Мариинской больницы в Петербурге и сам проводит операции.

”

**ПЕРВОЕ, С ЧЕГО АСПИРАНТ НАЧИНАЕТ У НАС РАБОТУ, – ОН ИДЕТ НА ОПЕРАЦИЮ. МЫ ДАЕМ ЕМУ ВОЗМОЖНОСТЬ ВЖИВУЮ ПОСМОТРЕТЬ, КАК УДАЛЯЮТ ТРОМБЫ. КОГДА ТЫ ВИДИШЬ ФИБРИНОВУЮ «СОСИСКУ» – ТРОМБ ДЛИНОЙ НЕСКОЛЬКО САНТИМЕТРОВ, КОТОРЫЙ ДОСТАЮТ ИЗ АРТЕРИИ ЧЕЛОВЕКА, У ТЕБЯ ПОЯВЛЯЕТСЯ МОТИВАЦИЯ ДВИГАТЬСЯ В ЭТОЙ ОБЛАСТИ, И ТЫ РАБОТАЕШЬ СОВЕРШЕННО ПО-ДРУГОМУ.**

Владимир Виноградов



Раньше Виноградовы работали над всеми исследованиями совместно. Но в какой-то момент они подошли к тому, что у каждого есть своя область научных интересов: все, что относится к новым материалам для медицины, – это проекты Владимира; все, что к ним не относится, – проекты Александра.

Александр Виноградов

**Мы друг другу не мешаем и даже помогаем, и уж тем более не делим результаты проектов, в которых принимали совместное участие. Например, мы создали быстротвердеющие пены для пожаротушения, которые в 2015 году помогли внедрить в компании АО НПО «Сопот». Это революционная технология, которая позволяет в 50 раз эффективнее тушить пожары по сравнению с самыми современными аналогами.**



# Александр Виноградов



▶ Кандидат химических наук,  
директор химико-биологического кластера  
Университета ИТМО,  
сотрудник лаборатории SCAMT,  
обладатель премии Ульриха, 2017 г.

## ГРАНТ РФФ

2016–2018 | «Разработка струйной печати  
оптических наноструктур».

## О ДРУГИХ РАЗРАБОТКАХ

Александр – руководитель химико-биологического кластера, куда входит лаборатория SCAMT, – разрабатывает оптические наноструктуры при помощи доступного метода струйной печати. Растворная химия – довольно широкая область, которая предоставляет возможность для быстрого внедрения продукта на рынок. Однако проблемы несовместимости «мокрой» химии и оптических наноструктур имеют массу нерешенных научных задач, включая вопросы разработки новых методов доступной «мягкой» нанолитографии высокого разрешения и поиска уникальных составов с прогнозируемыми свойствами. Формируя концепцию новой лаборатории по использованию растворной химии для создания оптических структур, Виноградовы задумались над поиском доступного метода мягкой нанолитографии.

Александр Виноградов

До объявления первого конкурса РНФ, на который мы подавали заявку, мой брат Владимир оказался в Канаде у нашего коллеги, возглавляющего Институт биоинтерфейсов в Университете МакМастера и занимающегося одним из основных его направлений – струйной печатью ферментсодержащих материалов, как правило, медицинского назначения. Центр оснащен колоссальным оборудованием и имеет практически безграничные возможности. Там прототипируются технологии, а затем активно внедряются на североамериканском и европейском рынках. Эта поездка привела к возникновению революционной, как нам на тот момент казалось, идеи – использовать метод струйной печати для получения оптических наноструктур. По задумке сама структура должна иметь порядок ниже дифракционного предела, 1 микрона\*, желательно с разрешением до 10 нанометров\*\*, при условии, что размер самой капли в диаметре составляет 30 микрон.

**Это был вызов**, так как самой технологии получения оптических наноструктур струйным методом практически не существовало ни в России, ни в мире. Виноградовым потребовалось применить все свои способности, знания, полученные во время аспирантуры и стажировок за границей, чтобы разработать эту технологию. Они доказали, что эта задача осуществима, напечатав радужные голограммы и управляемые по толщине цветные изображения струйным принтером, а в 2016 году выиграли грант РНФ.

” Это было абсолютно уникальное событие, когда очень молодой коллектив – а тогда у нас было всего две статьи по теме струйной печати, хоть и в солидных журналах, – смог выиграть грант РНФ на отдельные научные группы.



«Security printing» (защищенная печать) – технология печати защитных элементов, которая применяется для защиты банковских карт, паспортов, банкнот, линии дорогостоящей парфюмерной продукции, алкогольной продукции, элитного табака и других ценных предметов. Сейчас это гигантский рынок, в котором отдельные предприятия специализируются на разных сегментах защиты, но для каждого из них важно иметь новые технологии. Научные результаты в этой области крайне востребованы. Как только первые результаты возможности струйной печати радужных голограмм были опубликованы, у Виноградовых появился первый партнер из Чехии, который сегодня печатает радужные голограммы.

Этот контакт и то количество писем от других заинтересованных партнеров, которые мы получали после публикации пресс-релиза, однозначно говорили нам, что данное направление очень востребовано и с научной, и с индустриальной точек зрения.

Следующие три года показали, что ожидания и надежды, которые Виноградовы возлагали на свой проект, оправдались.

## ► 12 ПУБЛИКАЦИЙ в ведущих журналах

Помимо гигантской фундаментальной части, которую нам удалось совершить, мы освоили четыре новых метода печати голограмм – радужные голограммы, компьютерно сгенерированные голограммы, опаловая голография и бликовая голография. Мы подписали три крупных соглашения с индустриальными заказчиками по разработке и внедрению новых технологий защищенной печати, опубликовали 12 работ в ведущих журналах из первого квартала, а 8 человек из 15, которые участвовали в трехлетней реализации проекта, прошли стажировки за рубежом и практику на российских предприятиях.

\* Для сравнения – толщина человеческого волоса равна 80 микронам. – Примеч. ред.

\*\* Это почти в 9 раз тоньше волоса. – Примеч. ред.



- ▶ **РОССИЙСКИЙ НАУЧНЫЙ ФОНД СУМЕЛ ВНЕДРИТЬ НЕ ЛОЯЛЬНУЮ, А ИМЕННО ПРАВИЛЬНО НАСТРОЕННУЮ ЭКСПЕРТИЗУ. РНФ – САМЫЙ ПЕРВЫЙ ФОНД, КОТОРЫЙ СМОГ ДАТЬ РЕЛЕВАНТНЫЕ ФИНАНСОВЫЕ ИНСТРУМЕНТЫ ДЛЯ ТОГО, ЧТОБЫ ВЫПОЛНЯТЬ ПРОРЫВНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ.**

## О ГРАНТАХ

По словам Виноградовых, гранты Фонда помогли им не только сформировать совершенно новые направления и открыть научные группы, но также оснастить лаборатории самым современным оборудованием.

Проект помог сформировать новые образовательные курсы в рамках программы магистратуры. Он также дал возможность привлечь 15 молодых ребят. За три года реализации проекта по струйной печати мы подошли к освоению самого глобального вызова в области печати наноструктур. Речь идет о печати струйным методом элементов оптоэлектронных устройств для квантового компьютера. При помощи струйной печати мы можем решить самую сложную задачу – обеспечить формирование планарных волноводов для транспорта фотонов. Совместно с компанией IQ Demy из Новосибирска мы разрабатываем эту технологию с последующим внедрением в серийное производство.

Александр Виноградов ▶

По словам исследователей, за SCAMT закреплена репутация центра по изготовлению оптических наноструктур методами растворной химии с использованием струйной печати.

” РНФ ВПЕРВЫЕ НА НАШЕМ ПРИМЕРЕ ПОКАЗАЛ, ЧТО БОЛЬШИЕ ГРАНТЫ МОГУТ ВЫИГРЫВАТЬ НЕ ТОЛЬКО ТЕ, КТО ИМЕЕТ СТАТУС, НО И ТЕ, КТО ИМЕЕТ ХОРОШУЮ ИДЕЮ.

Грант – это возможность показать талантливым ребятам, какие возможности у них есть в России. На наш взгляд, сегодня в стране сложились самые лучшие условия для воспитания научной молодежи. Российский научный фонд сумел внедрить не лояльную, а именно правильно настроенную экспертизу. РНФ – самый первый фонд, который смог дать релевантные финансовые инструменты для того, чтобы выполнять прорывные исследования. Очень важно, чтобы исследования были доведены до конца. Это означает, что следующей должна стать предпромышленная стадия – стадия прототипирования. И РНФ, выделяя бюджеты на поддержку научных проектов, позволяет это осуществить. Последнее имеет принципиальное значение. Следующий этап – уже дело индустриального партнера. В нашем случае именно так и происходит. РНФ впервые на нашем примере показал, что большие гранты могут выигрывать не только те, кто имеет статус, но и те, кто имеет хорошую идею.



► Лаборатория SCAMT (Solution Chemistry of Advanced Materials and Technologies – Растворной химии передовых материалов и технологий) – международный научный центр, созданный в 2014 году братьями Владимиром и Александром Виноградовыми. Центр занимается фундаментальными и прикладными исследованиями, тесно интегрированными в образовательный процесс. Здесь работают 10 независимых исследовательских групп, вовлеченных в различные междисциплинарные проекты – от химии до материаловедения, от пищевых технологий до микробиологии. Один из таких коллективов составляет группу «Инфохимии» Екатерины Скорб.



📍 САНКТ-ПЕТЕРБУРГ

## Сделано впервые

Так можно говорить о работе Екатерины Скорб – вчерашнего сотрудника Института Макса Планка и Гарварда, которая работает в научно-образовательном кластере братьев Виноградовых. Она выиграла грант Президентской программы Фонда и учит своих студентов создавать вещи, которые никто не умеет делать.





## Профессор Екатерина Скорб переехала из Гарварда в Россию и создает вещи, которые прежде никто не делал.

Екатерина 12 лет работала в Институте Макса Планка и Гарварде у ведущих мировых ученых. Но 1,5 года назад она переехала жить в Санкт-Петербург, чтобы работать и преподавать в международном научном центре SCAMT Университета ИТМО, выиграла грант Президентской программы исследовательских проектов РФ и сейчас делает то, что не умеют делать другие. Екатерина Скорб уверена, что через несколько лет Россия будет первой в области нелинейной химии и создании умных биологических полимеров, а разработки молодых химиков – вчерашних магистров – можно будет купить в ближайшей аптеке.

Екатерина Скорб



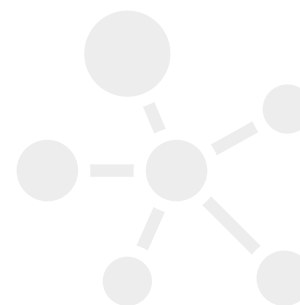
У меня остались хорошие связи со всеми зарубежными коллегами, и все они понимают, что химическая школа в России уникальна. Почему? Потому что она подразумевает и математическое образование. Это позволяет нашим ученым работать на стыке наук, создавая принципиально новые вещи.



## О НАУКЕ

Российские ученые внесли значительный вклад в исследования нелинейных химических процессов в конце прошлого века, в том числе математически описали происходящие на молекулярном уровне взаимодействия, что является непростой задачей. Но сейчас направление переходит на новый, более высокий уровень. Ученые могут одновременно запускать сети химических реакций, воздействовать на них и в режиме реального времени смотреть, как они реагируют и влияют друг на друга. Как и многое в природе, эти системы стремятся к самонастраиваемости. Исследователь же подстраивает систему под ту функцию, которую она должна выполнять. Например, если нужно защитить от бактерий, ваше покрытие «чувствует» присутствие бактерий и, соответственно, избавляется от них.

**Команда** Екатерины Скорб изменяет систему при помощи света. В результате рождаются искусственные химические клетки, автономные способы записи информации за счет самоорганизации химических молекул и наночастиц во времени, материалы для персональной распределенной энергетики и диагностики – например, самозалечивающиеся покрытия, самовосстанавливающиеся имплантаты и многие другие разработки.



Нам интересны нелинейные химические процессы, которые приводят к формированию нелинейных материалов. Это значит, что мы всегда добавляем такое измерение, как время, и смотрим на изменения материалов или процессов во времени. При этом мы не пассивные наблюдатели, а люди, которые хотят регулировать процессы, поэтому мы часто смотрим, что же происходит в системе, например, при локальном облучении. Для изучения таких процессов мы применяем комплекс физико-химических методов, в том числе уникальных. Когда я ехала в Россию, то одна из вещей, которую я просила для стартовой позиции, – это оборудование, позволяющее нам во времени и пространстве выборочно измерять все ионные токи и градиент ионов – таких, как калий, натрий, кальций и магний. Почему это важно? Фактически мы можем настраивать их светом и делать искусственные ионные каналы, то есть программировать живые объекты.



Таким образом петербургские исследователи создают принципиально новые методы работы с материалом, которые позволяют настраивать градиент pH\* и менять физико-химические свойства материалов. Разработка таких оптических сенсоров крайне необходима для диагностики и лечения пациентов. Их можно доставлять до нужных клеток или тканей, активировать светом определенной длины волны и тем самым решать поставленные задачи. По словам Скорб, зарубежные лаборатории занимаются схожими исследованиями, но российские ученые используют несколько другие подходы.

Екатерина Скорб

► **Есть исследователи, которые, как принято говорить, находятся в поисках химического компьютера или создания искусственного мозга, но их работа не сильно движается, потому что нет комплексного подхода.**



” У нас есть уникальная возможность работать на стыке наук, потому что в России есть сильные химики, которые знают математику, а скоро будут хорошо знать и биологию. Мы сами растим таких специалистов в лаборатории SCAMT.

” **Мы связываем нелинейную динамику химии с жизнью.**

Когда я приехала в ИТМО, мы сразу запустили магистерскую программу, чтобы за два года объяснить ребятам вещи, которые считаем важными и нужными. В SCAMTe у нас работает десять групп, у каждого своя тематика, у меня – это такая живая химическая математика. По сути мы связываем нелинейную динамику химии с жизнью. И делаем это «искусственно».

## ОБ ОБРАЗОВАНИИ

Магистрант команды Екатерины, Семен Кольцов, сейчас находится в Гарварде. Анна Никитина, тоже магистрант, недавно вернулась из института Макса Планка. Оба – стипендиаты программы Владимира Потанина. Аспирант Николай Рьжков получил трехмесячную стипендию по программе мобильности молодых ученых «Остроградский» и сейчас стажировается в Страсбурге. Екатерина не боится отпускать своих сотрудников на длительные стажировки, потому что молодых ученых, особенно если они магистранты, больше ценят в России. В группе Екатерины Скорб, как и во всем SCAMTe, магистры – основная рабочая сила. В большинстве стран такими считаются только аспиранты и постдоки.

► **15 ЧЕЛОВЕК в команде**

Команда Екатерины – это 15 человек: один постдок, один кандидат наук, два аспиранта, остальные – магистры. Большая часть образовательных курсов нацелена на их совершенствование как специалистов в междисциплинарных областях. Обучение начинается с освоения физико-химических методов, когда они сами учатся работать руками, после – микробиологические методы, когда они все делают сами и имеют доступ ко всем ресурсам лаборатории. Наконец, студенты учатся писать статьи и заявки на гранты. Через полгода магистры работают уже автономно и самостоятельно генерируют идеи, а через год у них выходят публикации в солидных журналах.

**Мы воспринимаем магистров как полноценных ученых. Если я задаю им вопросы, то в большинстве случаев это не потому, что я хочу проверить их знания, а потому, что я сама не знаю ответ. Мы учим их понимать, что в науке надо ставить сложные вопросы, ответ на которые не сразу удастся найти.**





## Екатерина Скорб



- ▶ Кандидат химических наук, профессор, руководитель исследовательской группы «Инфохимия» в составе лаборатории SCAMT Университета ИТМО, лауреат программы L'Oréal-UNESCO для «Женщин в науке» за 2018 год.

### ГРАНТ ПРЕЗИДЕНТСКОЙ ПРОГРАММЫ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИХ ПРОЕКТОВ РФ

2017–2019

«Светуправляемое изменение морфологии наноразмерных гетероструктур и физико-химических процессов, протекающих на границе раздела фаз».

## О КОММЕРЦИАЛИЗАЦИИ

Сотрудникам Екатерины интересно заниматься фундаментальными исследованиями, но при этом двигаться в сторону их возможной коммерциализации. Два человека из команды ведут проекты, которые, по словам их руководителя, позволят людям в какой-то момент прийти в аптеку и купить нужные сенсоры для медицинской диагностики. Сейчас ведутся переговоры с потенциальными инвесторами, заинтересованными во внедрении продукта на рынок.

Другое перспективное для бизнеса направление – самособирающиеся имплантаты глаза. Сейчас для восстановления зрения в глазное яблоко слабовидящих людей имплантируют систему электродов, а на них наносят покрытие, которое со временем разрушается. Исследователи под руководством Скорб уже разработали стратегии для сборки микроэлектродов и высокочувствительных элементов новым методом и пытаются создать такие устройства.

Екатерина Скорб

► **В России есть возможность очень быстро выводить такие проекты на рынок, потому что вы не заикливайтесь на поиске зарубежного аналога своей системы – вы совершенно по-другому подходите к продукту.**

Екатерина уверена: несмотря на необходимость практического приложения исследовательских разработок, в науке должны оставаться те, кто без нее не представляет своей жизни. Наука не может быть только работой. Это всегда и хобби.

**Наука для меня – это и работа, и увлечение. Когда это работа, я беру на себя ответственность и осознаю, что работаю на выделенные мне средства, что у меня есть сотрудники, которые тоже вовлечены в дело, я пишу статьи и отчеты. Но если ты действительно хочешь остаться в науке, то ты ни на минуту не перестаешь думать, а правильно ли ты задаешь вопросы, в правильном ли направлении двигаешься. Ты всегда сомневаешься. У нас многие приходят в аспирантуру, но остаются те, кто действительно хочет либо пойти в науку, либо работать с индустриальными проектами и создать свой стартап.**



## О ГРАНТАХ

**К моей большой радости, в России сейчас все хорошо с грантовым финансированием науки. Мы сталкиваемся с отказами по заявкам на гранты, но нам есть, куда их подавать, и, к счастью, есть положительные ответы.**

77

**РНФ – УНИКАЛЬНЫЙ ФОНД С МИНИМАЛЬНОЙ БЮРОКРАТИЕЙ. ЕСЛИ ЕСТЬ НАУЧНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ПО ПРОЕКТУ И ХОРОШИЕ СТАТЬИ, ПИСАТЬ ОТЧЕТ НЕСЛОЖНО.**

Сотрудники Екатерины получают стипендии и выигрывают гранты. Этим молодые ученые берут на себя ответственность за проект и должны отчитаться по нему, что, по мнению Скорб, способствует их быстрому профессиональному росту. Сама Екатерина говорит, что на отчет РНФ она потратила весь год: год – чтобы получить результаты, и день – чтобы оформить их в отчет.

## О ДОСУГЕ

Впервые за последние десять лет Екатерина живет со своей семьей в одном городе. Условия, которые созданы в России для исследователей, позволили ее семье переехать в Петербург. В свободное от работы время она участвует в научно-популярных мероприятиях, поскольку считает важным рассказывать общественности о науке, любит музыку и искусство.

**Я люблю оперу, а в Петербурге – лучшая опера в мире, и раз в две недели можно позволить себе удовольствие в течение четырех часов слушать теноров. И параллельно думать о работе.**





” Каждую неделю у нас проходят научные семинары, где каждый показывает свои результаты, и мы составляем план работ на следующую неделю. Я рассказываю им, где бываю, что я вижу и что мне интересно. Это помогает показать студентам, как устроена наука.





МОСКВА

## Научно-популярный математик

Нет ничего удивительного в том, что ученые, работающие в вузах, преподают студентам. Но математик Андрей Райгородский преподает и читает открытые лекции в таком количестве мест, что многие поражаются, как он находит время, а некоторые недоумевают – зачем ученому это нужно. Причем он отдает ученикам и коллегам не только свое время: почти все деньги с грантов идут на зарплаты, развитие и реализацию интеллектуального потенциала подопечных.

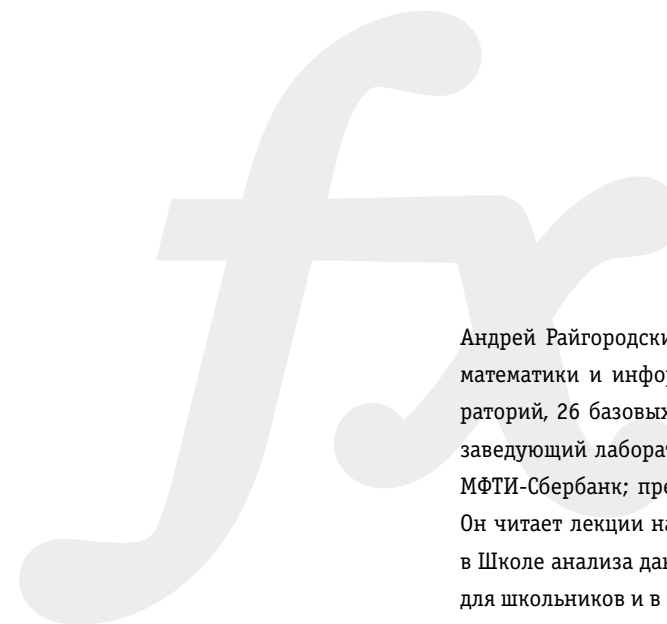




## Математик-филантроп Андрей Райгородский вкладывает деньги в развитие молодых талантов и читает десятки научно-популярных лекций в год.

Известный российский математик Андрей Райгородский поражает окружающих своей работоспособностью, а также дисциплинированностью, обычно не свойственной представителям этой профессии. Он руководит Физтех-школой, заведует кафедрой на одном факультете и лабораторией – на другом, читает лекции в нескольких вузах. Он активно внедряет свои разработки, но при этом любит математику саму по себе и участвует в десятках фундаментальных исследований. Все свободные деньги ученый тратит на развитие молодых талантов, а свободное время – на чтение лекций школьникам, разработку образовательных программ и выступления перед широкой аудиторией. Ему важно показывать, что математика – это живая наука.

Если вы ученый-математик и не можете в двух словах объяснить пятилетнему ребенку, чем вы занимаетесь, – вы шарлатан. В этой форме высказывание известного физика Ричарда Фейнмана о важности популяризации науки созвучно с жизненной позицией российского математика Андрея Райгородского.



Андрей Райгородский



Андрей Райгородский – не только директор Физтех-школы прикладной математики и информатики МФТИ, включающей 2 факультета, 15 лабораторий, 26 базовых кафедр и более 2 000 учащихся и преподавателей; заведующий лабораторией продвинутой комбинаторики и лабораторией МФТИ-Сбербанк; преподаватель в совместном бакалавриате РЭШ и ВШЭ. Он читает лекции на факультете биоинженерии и биоинформатики МГУ, в Школе анализа данных Яндекса, проводит множество выездных лекций для школьников и в свободные часы по приглашению рассказывает о своей работе широкой аудитории на разных площадках.



**Если человек может, он должен доносить до широкой публики, зачем нужна математика.**

**Я не то чтобы занимаюсь популяризацией, я любитель произносить речи. Для меня это очень важное дело, в каком-то смысле социальный долг: если человек может, он должен доносить до широкой публики, зачем нужна математика. Я ратую за то, чтобы сообщать людям, что математика – это не вещь в себе, что это очень живая наука. Конечно, все равно трудно объяснить людям, зачем в науке требуется такое количество непонятно чего сверх того, что реально нужно. Поэтому во время выступлений следует включать свою харизму. Моя основная цель – формировать школу, которая бы устойчиво развивалась, в том числе без моего участия. Но мне в принципе интересно рассказывать, и я читаю на широкую публику очень много лекций.**

Несмотря на обилие административной, преподавательской и популяризаторской деятельности, Андрей Райгородский занимается фундаментальными исследованиями. С 2016 по 2018 годы его главным проектом было исследование, поддержанное грантом РНФ. Ученый занимался поиском решения фундаментальных проблем теории случайных графов и гиперграфов.





# Андрей Райгородский



- ▶ Доктор физико-математических наук, профессор, директор Физтех-школы прикладной математики и информатики МФТИ, заведующий кафедрой дискретной математики факультета инноваций и высоких технологий МФТИ, заведующий лабораторией продвинутой комбинаторики и лабораторией МФТИ-Сбербанк, преподаватель в бакалавриате РЭШ и ВШЭ, лауреат Премии Президента России 2011 года для молодых ученых, лауреат премии Президиума РАН 2005 года. Читает лекции в МГУ, Школе анализа данных Яндекса, читает выездные лекции школьникам. Популяризатор науки, автор книги «Кому нужна математика?».

## ГРАНТ РФФ

- 2016–2018 | «Случайные графы и гиперграфы: модели и приложения».



$\pi$

Андрей Райгородский

Некоторые лаборатории получают грант РНФ, а некоторые – грант РФФИ. Это совершенно естественный «гиперграф». Группа людей, получающих грант РНФ, – это одно обобщенное ребро графа, а РФФИ – другое. Поскольку лаборатория продвинутой комбинаторики и сетевых приложений большая, насчитывает более 30 сотрудников, у нас довольно много грантов. Гиперграф получается «живенький»: с пересечениями на тех людях, которые одновременно получают РФФИ и РНФ. Различные задачи, связанные с этими графами и гиперграфами, как раз изучаются по гранту РНФ.

## О ПРИКЛАДНОЙ НАУКЕ

В интернете есть сайты, которые связаны между собой ссылками. Пользователи заходят на какой-то сайт, кликают по ссылке и попадают на другой. Этот процесс можно изобразить как множество некоторых точек в пространстве, где точки – это сайты, а стрелочки, которые их соединяют, – гиперссылки. Такая конструкция и называется графом. Этим направлением занимается лаборатория продвинутой комбинаторики и сетевых приложений, которая располагается на территории биофармацевтического кластера МФТИ.

Другое приложение графов – банковские взаимодействия. Точки – вершины графа – банки; а ребра, стрелочки – наличие транзакций из одного банка в другой. Такие конструкции важны для исследований, которые идут, например, в Центробанке: регулятору важно понимать, как устроена вся его структура и взаимодействия между банками. Похожими исследованиями занимается лаборатория прикладных исследований МФТИ и Сбербанк. Одна из задач ученых – изучить внутренние свойства сети кредитных заемщиков, чтобы успешно выявлять мошенников. Здесь ученые работают уже с гиперграфами, когда объектов больше двух.

Сайты и ссылки между ними постоянно меняются, изменяется и граф. Чтобы описать процесс изменений, необходимо придумать математическую модель. Это задача в том числе теории случайных графов. Среди множества имеющихся графов нужно выбирать случайные элементы, причем выбирать таким образом, чтобы вероятность выполнения тех свойств, которыми обладает реальность, была близка к единице для этого случайного объекта. Но что значит – выбирать таким образом?

Обычно я говорю школьникам, что плыла по небу тучка, в тучке находились графы. Где тучка более плотная, оттуда с большей вероятностью пойдет сильный дождик. Где тучка белая, там, может быть, дождик не пойдет. Те графы, которые находятся ближе к «черной части», с большей вероятностью на вас «капают», а те графы, которые дальше, – с меньшей вероятностью. В зависимости от того, как вы эту тучку «покрасите», у вас получится то или иное распределение вероятностей на множестве ваших графов. Надо правильно покрасить тучку, чтобы, когда графы «капают», с большей вероятностью на вас капали те, которые похожи на интернет.



По словам ученого, один из самых интересных объектов в его области – классическая модель случайного графа, когда каждая потенциальная связь, каждое ребро возникает с одной и той же вероятностью и нужно понять, каким будет граф и какими свойствами будет обладать.

Представим компьютерную сеть с множеством компьютеров в разных городах мира, каждые два компьютера изначально связаны между собой прямой телефонной линией, по которой они могут обмениваться информацией. Далее из-за помех эти телефонные связи могут нарушаться с какой-то вероятностью. Например, с вероятностью 1 к 10 каждая отдельная связь может разрушиться независимо от остальных. В результате получается случайный граф в классической модели.

## О ФУНДАМЕНТАЛЬНОЙ НАУКЕ

Несмотря на сотрудничество с Яндексом, Сбербанком и другими партнерами и вытекающую из этого тягу к прикладной математике, Андрей Райгородский считает, что в первую очередь нужно заниматься фундаментальной наукой.

” Я ЛЮБЛЮ ДАВАТЬ СТУДЕНТАМ ЗАДАЧИ ПРИКЛАДНОГО ХАРАКТЕРА, НО Я ВСЕГДА ИМ ГОВОРЮ ТАК: МАТЕМАТИКА ПРЕКРАСНА САМА ПО СЕБЕ, И РОВНО ПОЭТОМУ У НЕЕ ЕСТЬ ПРИЛОЖЕНИЯ, А НЕ НАОБОРОТ.

Не потому математика прекрасна, что у нее есть приложения, а у нее есть приложения, потому что она прекрасна. Если вам нравится заниматься приложениями – это классно, и, конечно, мы предоставим вам массу возможностей в этом поле, но без чистой математики, без той математики, которая ради доказательств, ради красоты – никакой прикладной математики не будет. Вообще математику неправильно делить на чистую и прикладную. Есть просто математика. Другое дело, что есть люди со вкусом к тому, чтобы эту математику еще куда-то прикладывать, а есть люди со вкусом доказывать теоремы. Лаборатория продвинутой комбинаторики – это, в первую очередь, про людей, которые любят доказывать теоремы; а лаборатория прикладных исследований МФТИ и Сбербанка – это про тех, кто любит применять эти теоремы на практике.



” НА ФИЗТЕХЕ МЫ ПОМОГАЕМ СОЗДАВАТЬ СРЕДУ, ГДЕ МАТЕМАТИКА РАЗВИВАЕТСЯ. ЭТО ПРОИСХОДИТ В ТОМ ЧИСЛЕ БЛАГОДАРЯ ГРАНТАМ.

## О ДЕНЬГАХ

Андрей Райгородский – один из немногих грантополучателей Фонда, которые практически не отчисляют себе зарплату с гранта.

У нас очень простая смета: 10% – поездки, все остальное – зарплаты. Техника, купленная на средства Физтеха, есть. Если необходимо, можно докупить что-то на средства Сбербанка. Получается, люди могут адекватно зарабатывать и спокойно заниматься наукой, то есть деньги тратятся на развитие. У меня гигантская команда, которую надо кормить. Я не всегда понимаю, где возьму на это деньги, хотя у меня есть бюджет директора Физтех-школы. Но этот бюджет ограничен, а конструкция растет все быстрее и быстрее, ветвится: появляются сильные ученики, у них появляются свои ученики, и эти связи растут как экспонента.

В лаборатории Райгородского много грантов РФФИ: ученый не сразу может посчитать их количество. У многих сотрудников есть свои гранты для погружения в разные области математики: от построения графов до изучения законов геометрии, по которым, к примеру, создаются (или, в случае неудачи, не создаются) масштабные архитектурные сооружения. По мнению Андрея Райгородского, все деньги нужно вкладывать в развитие молодых исследователей, готовых развивать науку.



Новосибирск

## Сибирские амбиции

В 2014 году Российский научный фонд запустил конкурс на реализацию комплексных научных программ, в котором победило 16 организаций из 7 регионов страны. В Новосибирске этот конкурс позволил молодому ученому Антону Судникову собрать установку, у которой есть шанс стать частью глобального международного проекта по созданию энергии будущего.





## Молодой ученый из Новосибирска создал установку, которая станет частью международного проекта по получению доступной термоядерной энергии.

Антон Судников



В принципе, энергия термоядерного синтеза у нас используется ежедневно, потому что это энергия Солнца и, соответственно, все, что греется под Солнцем, все, что растет под Солнцем, исходит от термоядерной реакции. Но мы ничего не можем с этим сделать. Хочется создать нечто, что будет у нас в руках и даст разумную энергию, которую мы сможем контролировать.

После защиты кандидатской диссертации ученый из Института ядерной физики имени Г. И. Будкера РАН Антон Судников решил замахнуться на большой проект: создать установку, которая будет эффективнее токовых токамаков\* – «сердца» первого термоядерного реактора, строящегося во Франции. Исследователь сделал расчеты, а потом в рамках крупного институтского гранта РФ построил установку и провел первые вдохновляющие эксперименты. Еще несколько лет работы – и у разработки Антона появится шанс стать частью глобального международного проекта по созданию энергии будущего.

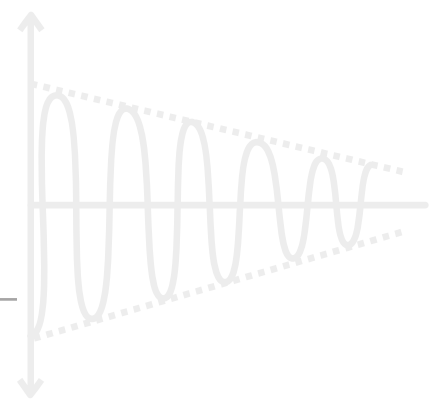
На юго-востоке Франции, недалеко от Марселя, строится одна из важнейших научных установок в мире – ИТЭР. Первый термоядерный реактор, который призван показать, что термоядерные реакции могут быть доступны людям. По оценкам специалистов к 2050 году человечеству станет радикально не хватать энергии. Не только классические источники энергии, вроде атома, нефти, угля, газа, но и альтернативные – ветер и солнце – не спасут положение. Нужны принципиально новые решения. Когда в конце 50-х годов прошлого века это осознали, стали предпринимать попытки получить энергию термоядерного синтеза.



**Хочется создать энергию, которую мы сможем контролировать.**

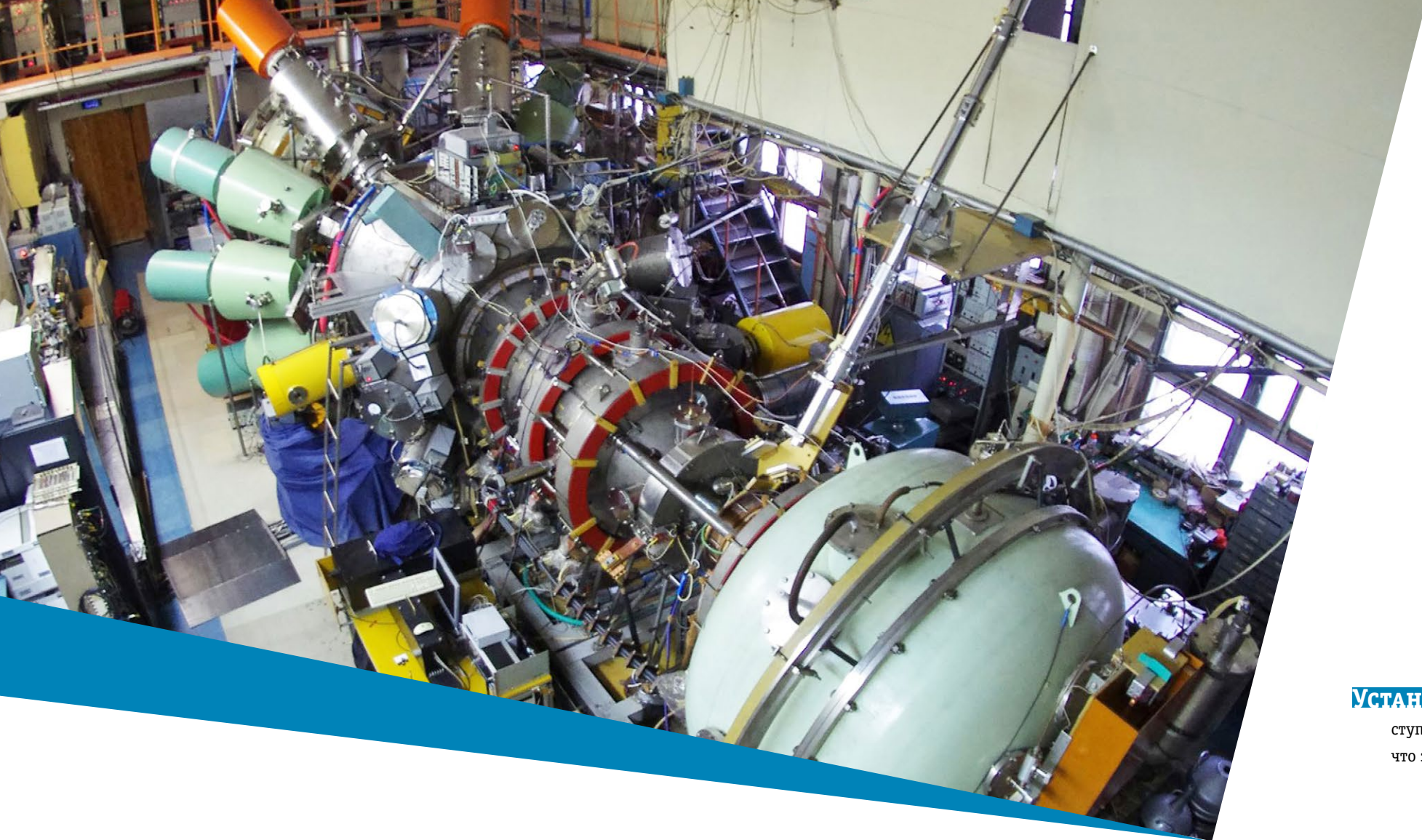
Чтобы получить термоядерную реакцию, из которой мы сможем «вытащить» энергию, нужно удерживать вещество с температурой в 100 миллионов градусов в течение достаточно продолжительного времени. Никакая стенка такого не выдержит. Чтобы иметь возможность удерживать это вещество, придумали несколько вариантов. Один из них – использовать плазму. Уже нагретое вещество, которое перестало быть простым газом и стало газом, состоящим из ионов – то есть атомов, у которых «потерялись» электроны, – и отдельных от них электронов. Какая должна быть форма устройства, чтобы успешно осуществить идею? Это либо магнитное поле в форме бублика: любая частица, которая оказывается на силовой линии, вращается внутри этого «бублика» и в первом приближении никуда не уходит. Или это длинная прямая труба, в которой посередине держится плазма; концы труб можно сильно зажать, создав там области с большим магнитным полем и тем самым удержать плазму в центральной части.

Первый путь исторически получил преимущество, начиная с 1970-х годов. Сегодня этот принцип лежит в основе самых токовых установок по термоядерному синтезу, которые вообще существуют в мире. Но проблема в том, что, по словам ученых, этот «бублик» инженерно очень сложен и затрудняет постройку электростанции.



\* Замкнутые магнитные ловушки для удержания плазмы. – Примеч. ред.





## ОБ УСТАНОВКЕ

Поначалу второй способ казался не очень состоятельным: энергии можно получить примерно столько же, сколько закачали, потому что часть плазмы вытекала из концов ловушки – силовые линии магнитного поля не могли удержать ее. Но позже в Институте ядерной физики РАН в Новосибирске создали установку – газодинамическую ловушку, где плазму нагрели до 10 миллионов градусов, чему некоторые во время ее строительства просто не верили. Потерь вещества стало гораздо меньше, но полностью избежать их не удавалось. Тогда придумали конструкцию, которая напоминает мясорубку.

Антон Судников

Представьте себе шнек мясорубки, который крутит измельченное мясо в нужном направлении. У нас аналогично с двух сторон от центрального отсека с плазмой создается винтовая «нарезка» поля, но при этом разная – с правым и левым винтом. С одной стороны магнитное поле тащит плазму влево, с другой – вправо. Таким образом обе эти концевые секции закачивают плазму обратно.

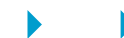


Идея показалась не только красивой, но и экономичной. Так, Антон Судников с командой стал воплощать ее в жизнь.

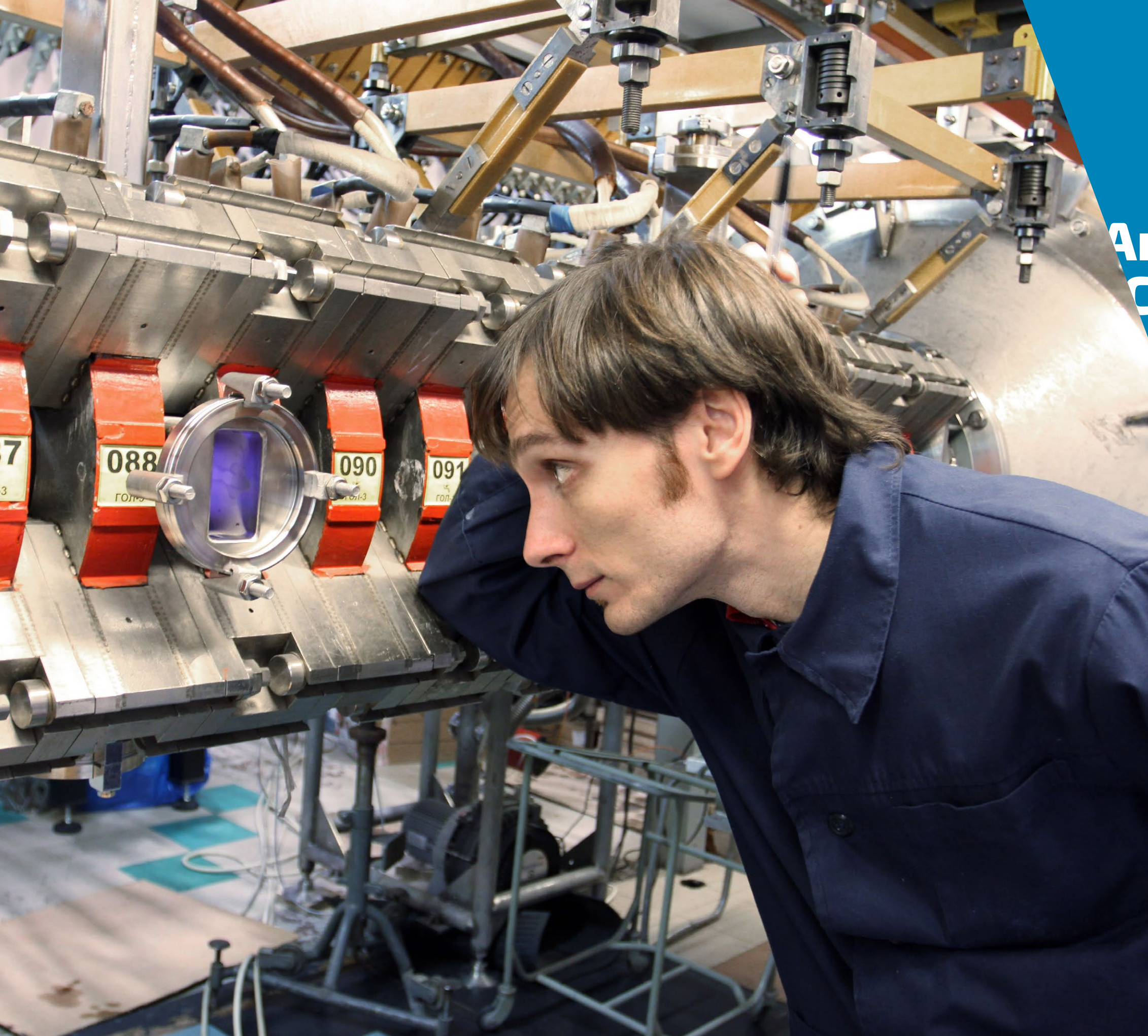
В то время, когда на газодинамической ловушке получили такие интересные результаты, я только защитил диссертацию, и мне хотелось как-то развеяться. Еще до того, как мы получили грант, я сделал некоторые теоретические расчеты: можно ли такое магнитное поле создать, и как это лучше сделать. Когда был объявлен конкурс на большие гранты РФ, эту идею сделали одной из частей плазменного направления нашего гранта. Поскольку я уже включился во все эти оценки, мне стало интересно попробовать такой эксперимент провести. Я начал всерьез прорабатывать идею и думать, как должна выглядеть экспериментальная установка, на которой можно получить подобный эффект.

**Установку** создали за два года. В конце 2017 года ее запустили, получили плазму и приступили к полноценным экспериментам. В начале 2018 года Антон с коллегами увидел, что эффект действительно есть: поток плазмы подавляется в два раза.

Наша установка может быть использована в ракетостроении, чтобы разгонять спутник в экономном режиме, чтобы он медленнее тратил свое рабочее тело, которое он выбрасывает, чтобы разогнаться, и чтобы тот же самый двигатель мог обеспечивать, без оглядки на эффективность по растрате рабочего тела, максимальную тягу. Для этого струя, которая вылетает из двигателя, должна иметь возможность разогнаться как до сравнительно небольших скоростей – несколько километров в секунду, так и в десять раз быстрее – несколько десятков километров в секунду. В таких пределах мы можем менять скорость истекающей струи. Например, мы можем сделать скорость меньше, поддать больше газу, и тогда появятся большая тяга и большой расход. Либо мы можем сбавить газ, меньше тратить вещества и экономно, но эффективно по массе разогнаться до более высоких скоростей. Эта идея с плазмой, которая выбрасывается винтовым магнитным полем, может пригодиться для подобных двигателей. Цель – брать и ускорять то вещество, которое мы выбрасываем, до скоростей порядка несколько десятков километров в секунду.







# АНТОН СУДНИКОВ



▶ Кандидат физико-математических наук, научный сотрудник Института ядерной физики имени Г. И. Будкера.

## ГРАНТЫ РФФИ

- 2014–2018 Участник гранта «Развитие исследовательского и технологического потенциала ИЯФ СО РАН в области физики ускорителей, физики элементарных частиц и управляемого термоядерного синтеза для науки и общества»\*.
- 2018–2020 Руководитель гранта «Управление столкновительностью потока вращающейся плазмы в геликоидальном магнитном поле для улучшенного торможения плазмы в линейных магнитных ловушках».

\* Грант выдан в рамках Президентской программы исследовательских проектов. – Примеч. ред.

## О КОНКУРЕНТАХ И ПАРТНЕРАХ

В США уже разработали плазменный двигатель, тестируются прототипы. Но он может подойти не для всех ситуаций. По словам Антона, у американского двигателя есть некоторые технические недостатки, которые ограничивают срок службы.

Антон может говорить о своей разработке и всем, что связано с термоядерным синтезом, часами. Он знает ее до последней гайки, потому что в самом начале пути был практически единственным ее создателем. В первое время ему помогал только изобретатель концепции «мясорубки» – старший научный сотрудник ИЯФ Алексей Беклемишев, теоретик до мозга костей, который не любит заходить в экспериментальные зоны из-за шума вентилятора. На старте в команду входили инженер-конструктор и двое коллег, которые помогали с расчетами. Со временем Судников привлек к проекту еще несколько человек, воспитал одну аспирантку и обучает нескольких магистрантов и студентов. С июля 2018 года Антон – руководитель гранта Президентской программы исследовательских проектов. Грант позволяет ему работать с установкой еще три года. Сейчас ученый ищет дополнительное финансирование для продолжения экспериментов. Помощь от бизнеса тоже будет не лишней.

Антон Судников

**Интерес к этой теме есть у тех, кто занимается космическими двигателями. Одна из американских компаний следит за нашими разработками. Как только мы достигнем интересующих их параметров работы, они готовы дать нам задачи по проработке двигателей. Недавно энтузиазм к нашей работе появился со стороны входящего в Роскосмос ОКБ «Факел» из Калининграда, который занимается производством плазменных космических двигателей.**



**А пока шестиметровая СМОЛА, то есть спиральная магнитная открытая ловушка – так Антон назвал свою установку – ждет новых экспериментов.**

”

**Уже сейчас ясно, что это начало интересной научной истории.**

Естественно, нашу модель еще нужно проверять, оптимизировать, требуется большая опытно-конструкторская работа. Но уже сейчас ясно, что это начало интересной научной истории. Нас ждут результаты, которые могут оказаться очень важными для термоядерной энергетики будущего.





## Мама в науке

Московский государственный университет имени М. В. Ломоносова, как и Институт ядерных исследований, пять лет назад тоже выиграл крупный грант, чтобы создать самый большой банк-депозитарий живых систем. Один из исполнителей проекта, Анастасия Ефименко, закладывает фундаментальные основы для восстановления поврежденных или утраченных тканей и органов человека – регенеративной медицины завтрашнего дня.





## Один из ключевых исполнителей масштабного проекта МГУ «Ноев ковчег»\* успешно совмещает карьеру в науке и воспитание двоих детей.

Анастасия Ефименко – главный исполнитель в нескольких научных проектах и мама двоих детей. Второго ребенка она родила на следующий день после подачи заявки на грант. Анастасия уверена, что женщины в науке способны преодолеть почти все преграды, а фундаментальные исследования в области регенеративной медицины, которой она занимается, сейчас гораздо нужнее прикладных, причем, как для науки, так и для индустрии.

Анастасия Ефименко



Регенеративная медицина – интересное направление в науке, привлекающее много внимания и надежд. За последние два-три десятилетия оно развивается крайне бурно, причем с акцентированным выходом на практическое применение. «Как можно скорее дайте нам продукт!» – кричат вокруг. Оглядываясь назад, очень многие исследователи говорят, что гигантское количество подходов, казавшихся когда-то перспективными, оказалось совершенно неэффективным или малоэффективным на более поздних стадиях исследования. Это указывает на необходимость переосмысления всей области, что сейчас и происходит.



Эйфория от представлений о том, что в лаборатории с использованием современных технических и методических достижений биомедицины мы можем выделить любые клетки и создать что угодно – были бы фантазия и деньги – спадает. Приходит понимание необходимости вернуться к серьезным фундаментальным исследованиям репаративных и регенеративных процессов в организме человека. Этим и занимаются Анастасия и ее коллеги в Институте регенеративной медицины Медицинского научно-образовательного центра Московского университета. Один из ключевых проектов ученых – комплексная научная программа МГУ имени М. В. Ломоносова «Научные основы создания национального банка-депозитария живых систем», более известная как «Ноев ковчег», – реализуется при поддержке гранта РНФ.

## О НАУКЕ

Регенеративная медицина помогает восстанавливать поврежденные или утраченные ткани и органы человека. Для исследований и разработки новых терапевтических продуктов в этой области используются живые клетки и ткани человека или животных. Эти материалы нужно уметь не только получать и характеризовать, но и хранить. Для этого в МГУ в рамках проекта открыли биобанк и сегодня разрабатывают правила отбора биологического материала, отрабатывают технологии его хранения при низких температурах (криоконсервации), обеспечивают доступ к информации другим ученым. При этом разработчики всегда должны помнить, какие исследования могут проводить их коллеги на основе этих материалов.





▶ **«НОЕВ КОВЧЕГ» – ЭТО ОЧЕНЬ БОЛЬШОЙ, ОЧЕНЬ АМБИЦИОЗНЫЙ И ОЧЕНЬ ВОВРЕМЯ ПОЯВИВШИЙСЯ ПРОЕКТ, ПОЛУЧИВШИЙ ГРАНТОВУЮ ПОДДЕРЖКУ. СЕЙЧАС СТАНОВИТСЯ ОЧЕВИДНО, ЧТО РАЗВИТИЕ БИОБАНКИРОВАНИЯ И ГРАМОТНЫЙ ПОДХОД К СБОРУ БИОМАТЕРИАЛОВ, ИХ ХРАНЕНИЮ, АНАЛИЗУ И ИСПОЛЬЗОВАНИЮ ДЛЯ НАУЧНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ – ЭТО КРАЕУГОЛЬНЫЙ КАМЕНЬ КАЧЕСТВЕННЫХ НАУЧНЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ.**

Анастасия Ефименко ▶

Несколько лет назад возникла идея обратить на эту область больше внимания. Развитие биомедицины достигло высокого уровня, что позволило исследователям, работая с одной клеткой, воспроизводить другие клетки, ткани, органы, даже целые организмы и целенаправленно менять их. Из этого выросла совершенно новая парадигма биомедицинской науки: правильная клетка, правильный биоматериал определяют возможности научных исследований и успеха вашего научного проекта.

**КАК ПРАВИЛЬНО** получать биоматериалы у донора? Как учесть все этические и правовые аспекты вопроса? Как врач должен работать с потенциальными донорами? Как набрать наиболее интересные когорты пациентов для научных исследований? На эти и многие другие вопросы отвечают ученые и врачи МГУ. В этом смысле «Ноев ковчег» для них – это не просто еще один биобанк, созданный для накопления биоматериалов. Главная задача – разработка научных основ депозитария живых систем для настоящих и будущих исследований.

Направление «Биоматериал человека» проекта «Ноев ковчег» объединило представителей разных областей науки. Разработкой новых методов криоконсервации и работой с криопротекторами для сохранения биоматериалов при ультранизких температурах занимаются физики, вопросами биоэтики – философы и психологи, сбором и анализом полученной в ходе работы информации – математики, инженеры и программисты. Костяк проекта составляют ученые, работающие в области биомедицины, в том числе Анастасия Ефименко.

Они исследуют разные типы низкодифференцированных стволовых и прогениторных клеток, которые обеспечивают обновление и восстановление тканей после повреждения. Ученые также изучают специализированные клетки, схожие со стволовыми, но более простые, при создании клеточных моделей под конкретными пациентами. Если у пациента есть доказанный дефект в клетках, а нужный тип клеток недоступен для исследования, то с помощью перепрограммирования специализированных клеток можно создать экспериментальную модель, изучить на ней механизм заболевания и подобрать способы лечения.





”

Эти направления закладывают базу для выхода биомедицинских исследований на новый уровень. Отрадно, что такие исследования находят поддержку.

**ОСОБЫЙ ИНТЕРЕС** представляют исследования в области создания клеточных и животных моделей человеческих заболеваний. Сегодня создание генно-модифицированного животного технически не представляет собой проблему. Но очень часто эти модели нельзя считать подходящими для изучения заболеваний человека.

В то же время начинают применять новый подход в методах генетического анализа: сначала секвенировать («прочитать») геном пациента с каким-то заболеванием, найти у него генетическую основу этого заболевания и затем попытаться исправить его в клетках пациента или внедрить имеющийся генетический дефект лабораторным животным с помощью методов геномного редактирования. Таким образом получают персонализированные клеточную и животную модели конкретного заболевания. По мнению ученых, это представляет собой невероятную ценность для исследования потенциальных препаратов и механизмов заболевания в живом организме.

## О ГРАНТАХ

На факультете фундаментальной медицины МГУ ведется еще несколько поддержанных РНФ проектов по изучению взаимодействий и коммуникации между клетками, механизмов приобретения ими новых задач, их навигации и перераспределения в поврежденные ткани.

Анастасия рассказывает, что сделать ткань или орган «с нуля» возможно. Но лечить серьезные повреждения в организме лучше изнутри: помочь ему избавиться от дефекта, активировать естественные восстановительные процессы в тканях. Основу такого знания и составляют фундаментальные исследования.

В моей исследовательской группе сейчас один научный сотрудник, три аспиранта и три студента, но я не могу сказать, что грант РНФ сформировал отдельную команду, которая занимается выполнением данного проекта.

”

**ГРАНТ – ЭТО, СКОРЕЕ, ПОДДЕРЖКА НАПРАВЛЕНИЯ. РНФ ПОЗВОЛЯЕТ КОЛЛЕКТИВУ, РЕАЛИЗУЮЩЕМУ И ДРУГИЕ ПРОЕКТЫ, В ТОМ ЧИСЛЕ ПРАКТИКО-И КЛИНИКО-ОРИЕНТИРОВАННЫЕ, ЗАНИМАТЬСЯ ФУНДАМЕНТАЛЬНЫМИ ИССЛЕДОВАНИЯМИ, ЧТО КРАЙНЕ ВАЖНО ДЛЯ УСПЕХА ВСЕХ ПРОЕКТОВ.**

Команда Ефименко продолжает работать над проектами, поддержанными Министерством здравоохранения, Министерством промышленности и торговли, Министерством науки и высшего образования. Сотрудники разрабатывают средства для стимуляции регенерации тканей и создания тканеинженерных конструкций. Одна из разработок уже вышла на стадию клинических испытаний на людях.

► **750 млн рублей на «НОЕВ КОВЧЕГ»**

Поскольку по образованию я и некоторые мои коллеги – врачи, мы мечтаем о внедрении подходов регенеративной медицины в клиническую практику. Подчеркну, что работы, сделанные при поддержке РНФ, становятся основой для практико-ориентированных продуктов, финансирование которых продолжают другие институции.

Анастасия – исполнитель в нескольких проектах по грантам Фонда. Большая занятость и востребованность ученого в этих исследованиях не дает возможности самой стать руководителем.

Я обязательно буду подавать заявки, но пока на это не было времени. Я была исполнителем с достаточно высоким уровнем ответственности, мне приходилось делать очень многое для этих проектов, особенно для «Ноева ковчега».





# Анастасия Ефименко



- ▶ Кандидат медицинских наук, заведующая лабораторией репарации и регенерации тканей МГУ, исполнитель в нескольких проектах, выполняемых при поддержке РФФ, лауреат программы L'Oréal-UNESCO для «Женщин в науке» за 2018 год.

## ГРАНТЫ РФФ

- 2014–2018 | Один из ключевых исполнителей проекта «Научные основы создания национального банка-депозитария живых систем».
- | Главный исполнитель в ряде других научных проектов.



77

МНЕ ОЧЕНЬ ПОВЕЗЛО С КОЛЛЕКТИВОМ. У НАС МНОГО ОТВЕТСТВЕННЫХ РЕБЯТ, КОТОРЫЕ ПРЕКРАСНО СПРАВЛЯЮТСЯ С ТЕКУЩЕЙ РАБОТОЙ.

## О СЕМЬЕ

Анастасия Ефименко

У меня бы ничего не получилось без поддержки начальства и семьи. Это два кита, на которых держится баланс в личной жизни и карьере женщины-ученого. Мне никогда не ставили жестких условий на работе и даже по-отечески относились ко мне и моей семье, но при этом я не снимала с себя ответственности и оставалась исполнителем проектов, постоянно включенным в работу. В нашем коллективе я не одна такая. Я знаю сверстников из других организаций, которые успешно совмещают эти вещи.

Когда Анастасия ушла во второй декрет, то продолжила вести рабочие проекты удаленно. Она считает, что у женщин-ученых должны быть преференции, позволяющие расширить их карьерные возможности после рождения ребенка.

Есть гранты, рассчитанные на молодых ученых в возрасте строго до 35 лет, а некоторые из них ограничивают срок подачи заявки после защиты диссертации – не более пяти лет. Но если женщина после защиты диссертации родила ребенка, то, как правило, год-два у нее выпадают из активной научной карьеры, даже если она при этом продолжает работу. В Европе и в Америке, а для некоторых конкурсов и в России, например, в МГУ, есть возможность продлить этот срок. Никаких других преференций нет, просто продление срока. Я считаю это справедливым. Такие программы способствуют научному прогрессу, помогают активным, мотивированным ученым реализовывать себя и в семье, и в других областях, но в то же время оставаться востребованными и успешными в науке.

77

ЗАДАЧА, КОТОРУЮ Я СТАВЛЮ ПЕРЕД СОБОЙ КАК РОДИТЕЛЬ, – ПРИВИВАТЬ ЛЮБОВЬ К ПОЗНАНИЮ И ЛЮБОВЬ К УЧЕНИЮ В ПРИНЦИПЕ.

У Анастасии Ефименко двое детей: десяти и трех лет. Она проводит с ними все свободное от работы время и считает, что любому ребенку нужна счастливая мама, реализовавшая себя в профессиональном плане.

К тому же мама в науке – это еще и интересно. Мы с коллегами видим, как научная среда здорово формирует мировоззрение человека, появляется возможность передать это нашим детям. Это большая ценность в наше время. Я бы сказала, женщина в науке – это удача для детей.

Анастасия изучала методики обучения детей и пришла к выводу, что лучший способ чему-то научить ребенка – показать на собственном примере.

Я стараюсь рассказать детям о своем отношении к жизни, к событиям, происходящим вокруг, к книгам и фильмам. Сейчас в школе крайне сложно формулировать программу образования, потому что мы не всегда можем предположить, какие профессии окажутся востребованными для наших детей. Задача, которую я ставлю перед собой как родитель, – прививать любовь к познанию и любовь к учению в принципе. Причем не воспринимать это как долг, а именно как удовольствие. Для моего старшего ребенка школа – это радость.

Анастасия и ее коллеги рассказывают о критическом мышлении, научном методе и исследованиях не только своим детям. Они часто выступают на научно-популярных мероприятиях: научных боях, фестивалях науки, музейных проектах и различных лекториях.

Почему я этим занимаюсь? Я считаю, что есть социальная ответственность бизнеса, а есть социальная ответственность ученого. Общество платит за нашу работу, значит мы должны рассказывать людям, чем мы занимаемся. Это же не просто благотворительность, это необходимость и база для понимания и дальнейшей поддержки обществом нашей деятельности.





 КРАСНОЯРСК

## Женская половина сказки

Медицинская тематика близка и Екатерине Шишацкой из Красноярска. При помощи бактерий она создает уникальные способы производства пластика, безвредного для окружающей среды. Шишацкая изобретает экологически чистые способы получения имплантатов для пациентов с сердечно-сосудистыми заболеваниями.

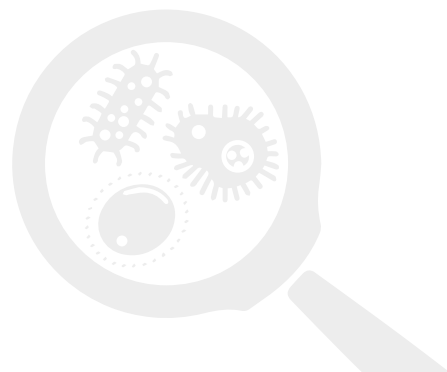




## Профессор РАН из Красноярска занимается уникальными биополимерами для медицины и борется с предрассудками в научном сообществе.

Ученая из Красноярска Екатерина Шишацкая разрабатывает уникальные способы получения материалов для медицинских имплантатов. В фокусе исследований – материалы для сердечно-сосудистой хирургии. Вместе с этим она занимается популяризацией науки и пытается бороться с гендерным неравенством в научном сообществе.

Многие знают, что пластик в природе разрушается более ста лет, а большинство биоразлагаемых пакетов не такие уж разлагаемые: они распадаются на фрагменты из того же пластика и попадают в желудки птиц и рыб, вызывая их гибель. С каждым годом объем пластикового мусора только растет. Что делать? Искать ответ у самой природы, уверена Екатерина.



## О НАУКЕ

Смотреть на бактерии как на «фабрику» по производству пластика и других ценных продуктов начали еще в конце прошлого века, и сегодня разработки уже позволяют нам планировать, как мы будем использовать изделия из биопластиков в повседневной жизни, в том числе – медицине.

Екатерина Шишацкая работает в Сибирском федеральном университете и занимается изучением определенных типов совместимых с организмом термопластичных полимерных материалов, синтезируемых бактериями. Эти полимеры вырабатываются бактериальной культурой внутри клеток в условиях несбалансированного роста. Они состоят из мономеров карбоновых кислот и при разрушении не вредят организму.

**Термопластичность** – свойство материалов, позволяющее сохранять нужную форму изделия после расплавления и охлаждения. Чтобы придать форму шариковой ручке или одноразовому стакану, на заводе пластик расплавляется, становится жидким, затем кристаллизуется и снова твердеет – так получается то, что мы хотели. В случае медицинских имплантатов и изделий происходит все то же самое.

Екатерина Шишацкая

**Я считаю, что все наши технологии в будущем станут такими. Мы не должны вредить окружающему миру, не должны вмешиваться в процессы, которые происходили в природе до того, как появился человек и промышленные производства с отходами.**

**” Создаваемый нами медицинский материал – это магия, потому что он формируется внутри бактерии, будто в живой фабрике.**

Сейчас многие ученые по всему миру занимаются исследованиями, позволяющими изменять гены различных организмов. Культура бактерий, с которыми работает Екатерина, была выделена из природных экосистем. Сегодня микробы «выдрессированы» так, что до 90–95% от массы их клетки составляет полимерный материал. Красноярским ученым не нужно вмешиваться в геном, чтобы создать необходимые бактерии. Они просто определенным образом влияют на среду и получают высокую продуктивность культуры.





”

**ДА, Я НЕМНОГО  
ВОЛШЕБНИЦА! Я ИЗ  
ЛАБОРАТОРИИ, ГДЕ  
ВСЕ ТАКИЕ.**

Но получение материала – это только половина сказки. Дело в том, что наработанный бактериями материал разрушается, оставляя после себя лишь воду и углекислый газ. Сегодня многие направляют бактерии на борьбу с загрязнениями почвы, водоемов, океанов – и это здорово. Моя задача – разрушать материал внутри организма, а значит, такой материал может служить основой, каркасом для искусственных тканей и органов человека. Да, я немного волшебница! Я из лаборатории, где все такие.

Ученые из Красноярска проводят бактериальный биосинтез годами, но не перестают удивляться получаемым результатам. Мама Екатерины – доктор биологических наук Татьяна Волова – как и дочь, очень упрямая. Она синтезирует свои полимеры в бактериях уже больше сорока лет и сейчас разрабатывает «умные» сельскохозяйственные препараты. Екатерина решила пойти другим путем и сделать что-то для медицины. То, что можно будет применить уже завтра.

## О МЕДИЦИНЕ

В мире есть три значимые причины смертности: это травмы в результате чрезвычайных происшествий, патологии сердечно-сосудистой системы и злокачественные новообразования – те, что называют «раком». По этим трем причинам люди гибнут каждую минуту. Мы выбрали направление лечения сердечно-сосудистых болезней.

В нашей стране каждая вторая смерть вызвана сердечно-сосудистыми заболеваниями или связана с ними. Атеросклеротические поражения занимают большую часть всех случаев. Смерть в результате атеросклероза и ишемической болезни сердца, головного мозга и других жизненно важных органов развивается на фоне поражения стенок кровеносных сосудов. Сосуды сужаются, сжимаются, и развивается ишемия органа – дефицит кислорода. С ишемией сердца можно бороться несколькими способами. И даже многие не медики сегодня знают, что стенты для коронарных сосудов – это очень маленькие сетчатые трубочки-имплантаты из металла, расправляющие суженный сосуд и не позволяющие ему сжиматься вновь.

► **17 млн  
рублей  
НА 3 года  
исследования**

Процедура стентирования проводится довольно часто и дает высокую эффективность. Но впоследствии, когда сосуд уже «вылечен» и стент не нужен, он начинает действовать как чужеродное тело, вызывая воспаление. Если сосуд сужен на большом протяжении, то его проще заменить – поставить сосуд, взятый у самого пациента, или синтетический. Или биоинженерный, но это пока в будущем. Наконец, если таких сосудов много, если ткань самого сердца уже очень ослаблена в результате многолетнего заболевания, нужно менять все сердце.

При всех этих клинических ситуациях всегда есть значительные нарушения. Например, нарушается гомеостаз – способность организма регулировать себя самому, поэтому, если просто убрать больные сосуды и вместо них поставить новые биоинженерные, организм их заново «испортит». Это происходит по причине того, что порочная цепь выработки факторов воспаления, некроза и других патологических молекул уже сформировалась. Снова отложится холестерин, сформируются бляшки и начнется ишемия. Соответственно, к материалу для реконструкции органов сердечно-сосудистой системы при атеросклерозе предъявляют очень высокие требования: он должен «гасить» воспаление, как бы возвращать организм обратно, в здоровое состояние, после того, как изделие – стент или сосуд – из этого материала имплантировали больному.



Известно, что наши клетки реагируют на сигналы механического усилия извне, и следовательно, в теории определенным сигналом можно запрограммировать ответ клетки. Материал имплантата может «вылечить» ткань, которая формируется при контакте с ним.

При развитии атеросклероза важную роль играют определенные клетки крови – моноциты, которых в организме всего 4–6%. Они предшественники тканевых макрофагов. Человек поправляется после болезни, или заживает царапина после пореза, благодаря в том числе и этим клеткам – их количество обратимо увеличивается, они секретируют факторы заживления, происходит регенерация. Но при сложных и длительных заболеваниях макрофаги «ломаются», и вместо заживления их избыток вызывает воспаление, грубое рубцевание и другие отрицательные проявления, которые организму не нужны. При атеросклерозе в сосуде откладывается холестерин и кальций, формируется бляшка, что приводит к сужению просвета и затруднению тока крови. При этом в бляшках созревает популяция «плохих» макрофагов, которые усугубляют локальные патологические проявления и секретируют в кровь факторы воспаления и некроза тканей. Это, в свою очередь, провоцирует рост бляшек повсюду.



Екатерина Шишацкая



Для исследования мы берем образец моноцитов у пациента до установки ему обычного коронарного стента, высеиваем их на подложку из биопластика с определенным составом и нано-профилем поверхности. Далее проводим скрининг различных параметров: как меняются форма, или фенотип, клеток, уровень и качественный состав молекулярных показателей, характерных для моноцитов-макрофагов при атеросклерозе. Затем пробы повторяются – уже после того, как в коронарные сосуды поставлены стенты, и у нас есть возможность оценить разницу в сдвигах патофизиологических событий. Сегодня, после примерно 20 месяцев работы, мы отмечаем очень выраженные различия – в зависимости от состояния пациента, а также от состава и поверхности полимерного материала.

Основной полимер в группе полигидроксикапролатов – поли-3-гидроксикапролат, состоящий из мономеров гидроксикапроловой кислоты. Капроловая кислота есть в теле человека, она усваивается при пищеварении в тонком кишечнике вместе с другими питательными веществами. Когда исследователи под руководством Шишацкой имплантируют полимер гидроксикапроловой кислоты, она распадается на более мелкие цепочки, олигомеры и мономеры, которые разрушаются до конечных продуктов – воды и углекислоты.

77

**В НАШЕЙ СТРАНЕ МЫ МОНОПОЛИСТЫ, ПОТОМУ ЧТО НИКТО ТАК, КАК МЫ, НЕ «ДРЕССИРУЕТ» БАКТЕРИИ ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ РАЗНЫХ МОЛЕКУЛ ПГА.**

Сделать стенты и сосуды из поли-3-гидроксикапролат технически можно, как и многое другое. Но по механическим свойствам это – жесткий, хрупкий и гидрофобный\* материал. Мы делаем полимеры разного состава – двух- трех- и даже четырехкомпонентные, – чтобы получить что-то более приятное для клеток, более мягкое, эластичное, растяжимое и гидрофильное. Мы добавляем разные мономеры, которые встраиваются в основную полимерную цепь, из той же группы карбоновых кислот и получаем гетерополимеры. Это огромная интересная задача – понять, как бактерия собирает, нанизывает мономеры: в каком именно порядке, есть ли вообще этот порядок, или его нет. Бактерии собирают молекулы в цепь при помощи специальных ферментов – полимераз. Получаются очень длинные цепочки, как бусы из разноцветных бусин, и этот материал обладает совсем другими свойствами. В нашей стране мы, наверное, монополисты, потому что никто так, как мы, не «дрессирует» бактерии для получения разных молекул ПГА.



\* Гидрофобность – физическое свойство молекулы, которая стремится избежать контакта с водой. – Примеч. ред.

▶ **ЕКАТЕРИНА ПО-ОСОБЕННОМУ БЕРЕЖЛИВО, ТРЕПЕТНО ОТНОСИТСЯ К ОБЪЕКТУ СВОЕГО ИССЛЕДОВАНИЯ. ОНА НЕ ПРОСТО ИЗУЧАЕТ КЛЕТКИ, ОНА ПРИСЛУШИВАЕТСЯ К НИМ. КЛЕТКА – ОЧЕНЬ НЕЖНАЯ СТРУКТУРА, А ЗНАЧИТ, ЕЙ НУЖНО СОЗДАТЬ ТАКОЕ ОКРУЖЕНИЕ, В КОТОРОМ ЕЙ БУДЕТ МАКСИМАЛЬНО КОМФОРТНО ВЫПОЛНЯТЬ СТОЯЩИЕ ПЕРЕД НЕЙ ЗАДАЧИ. В ЭТОМ И ЗАКЛЮЧАЕТСЯ ГЛАВНАЯ ПРОБЛЕМА ПОИСКА В ТКАНЕВОЙ ИНЖЕНЕРИИ. ЧТОБЫ ВЫПОЛНЯТЬ ТАКУЮ РАБОТУ, УЧЕНЫЕ ЗАРУЧИЛИСЬ ПОДДЕРЖКОЙ МЕДИКОВ. НО ЭТО УДАЛОСЬ СДЕЛАТЬ НЕ С ПЕРВОЙ ПОПЫТКИ.**

Екатерина Шишацкая ▶

Мы давно работаем по разным направлениям – разным тканям. Материал для больных атеросклерозом решили делать, прочитав условия конкурса РФФИ и проанализировав свои возможности, потому что мы уже пробовали наносить наш полимер на металлические стенты. Написали заявку, но получили грант не сразу. В первый раз, подавая заявку на грант по поддержке научных групп, мы не слишком хорошо прописали часть, касающуюся работы непосредственно в клинике, потому что сами плохо знали ее, а врачи недостаточно активно помогали, хотя мы бегали за ними, как энтомолог с сачком за бабочкой. Тогда для нас важна была схема забора крови: мы сами не могли грамотно расставить временные точки, чтобы они совпадали с патогенетическими этапами развития заболевания. Мы не знали, какую именно группу больных с ишемией в результате атеросклероза выбрать – их несколько, схемы ведения и лечения пациентов разные. Мы не знали, какой орган-мишень нам подойдет, чтобы выполнить исследование технически корректно. В результате остановились на группе пациентов с хронической ишемией сердца, так как они поступают на лечение в плановом порядке, и за ними легче наблюдать впоследствии. Выручило врожденное упрямство – со второй попытки грант получить удалось. Мы начали подготовку сильно заранее, потратили время на знакомство с другими коллегами-медиками, представили им нашу работу и обозначили ту ее часть, которую не сможем выполнить без их помощи.

”” **ВЫРУЧИЛО ВРОЖДЕННОЕ УПРЯМСТВО – СО ВТОРОЙ ПОПЫТКИ ГРАНТ ПОЛУЧИТЬ УДАЛОСЬ.**

Совместно с кардиологами был разработан протокол исследования. Теперь специальная машина доставляет в университет, где располагается лаборатория Екатерины, кровь из местного кардиоцентра.





# Екатерина Шишацкая



- ▶ Доктор биологических наук, профессор РАН, заведующая кафедрой медицинской биологии Института фундаментальной биологии и биотехнологии Сибирского федерального университета, лауреат премии Президента РФ в области науки и инноваций для молодых ученых, лауреат программы L'Oréal-UNESCO для «Женщин в науке» за 2009 год.

## ГРАНТ РФФИ

- 2017–2019 «Изучение молекулярных маркеров моноцитов-макрофагов у больных атеросклерозом при взаимодействии с бионанополимерными материалами».



## О ЖЕНЩИНАХ В НАУКЕ

Екатерина Шишацкая



Премия L'Oréal-UNESCO «Для женщин в науке» стремится привлечь внимание к проблеме неравенства в научной среде и повысить статус женщин-исследователей. Ряд недавних публикаций в журнале Nature говорит о том, что женщин в науке меньше, чем мужчин. Так, в России это соотношение 40% к 60%. При этом количественный показатель не самый важный. Даже если число женщин-ученых и больше, то они редко занимают высокие посты и чаще получают заниженные, по сравнению с мужчинами той же квалификации и того же уровня, зарплаты.

Когда в конце 2009 года я прилетела из Красноярска в Москву получать эту премию, кто-то из журналистов задавал мне вопросы и вскользь озвучил проблему неравенства полов в науке. До этого момента я даже не задумывалась об этом. Какая проблема? Посмотрите, сколько женщин работает вокруг, в институтах! Множество. В ответ услышала: а руководящие позиции-то женщины не занимают. Тогда я осознала, что проблема действительно существует. Я ориентировалась на свою область – медицину. Там женщин очень много – и на позициях среднего звена, и выше. Это уровень зав. отделением, зав. поликлиникой, зам. главного врача. Даже главных врачей-женщин больше, чем женщин-директоров научно-исследовательских институтов и ректоров. В нашей стране проблема стоит острее, чем во многих других странах, при этом в периферийных городах хуже, чем в центральных.

”

ВО ВСЕХ СФЕРАХ ОБЩЕСТВЕННОЙ ЖИЗНИ В НАШЕ ВРЕМЯ ЖЕНСТВЕННОСТЬ УЧИТЫВАЕТСЯ КАК ПЛЮС, А НЕ МИНУС. СЕЙЧАС ЭТО ОБЯЗАТЕЛЬНОЕ ТРЕБОВАНИЕ К ОБЩЕСТВУ, ПРИЗНАК ЕГО РАЗВИТОСТИ, И НАУКА ТУТ НЕ ДОЛЖНА ОТСТАВАТЬ.



Постепенно я стала замечать, что существует какой-то шовинизм в науке. Неприятно удивляло, когда видела, что разговариваю с людьми на равных, а они со мной – нет. Официальная встреча, люди в приличной одежде, вроде бы, культурные, сидят за столом, разговаривают, и все по делу. Но мне нужно сказать им больше слов, чтобы меня поняли, да еще с определенной интонацией и тембром. Иначе не слышат, факт. Получается, женщин на этой встрече две – я и та, которая сидит в приемной и носит кофе, при этом отношение к обеим примерно одинаковое. У женщин есть физиологические особенности, определяющие тип мышления и структурирование работы, но это не аргумент. Очень неправильно широким плечом отодвигать тех, кто слабее физически. Во всех сферах общественной жизни в наше время женственность учитывается как плюс, а не минус. Сейчас это обязательное требование к обществу, признак его развитости, и наука тут не должна отставать.

Сама Екатерина не раз получала намеки на то, что она должна не выделяться, молчать и улыбаться. Но, по словам Екатерины, в этом и суть научного-исследовательской работы – эмоциональной вовлеченности ученого, а в эмоциональности женщинам равных нет.





Екатерина достигла успехов не только в науке, но и в политике: она пять лет работала депутатом Законодательного Собрания Красноярского края. Тогда женщин было пять, в текущем созыве – всего две. От дальнейшей работы в региональной политике Шишацкая отказалась, выбрав науку.

Екатерина Шишацкая

При помощи стипендий и премий нам необходимо продолжать искусственно поддерживать гендерное равенство, пока процесс не станет естественным. Если мы не будем этого делать, многим умным девушкам просто не дадут реализовать свои амбиции и планы. Сегодня практически нет никакого джентльменства, нет уважения к женскому полу ни среди политиков, ни среди ученых – когда никто не видит, отодвинут и не постесняются. Этим вопросом надо заниматься, и тогда женщины смогут занять ту самую нишу, вровень с мужчинами. Женщина имеет больше жестких обязанностей в повседневной жизни, чем мужчина, поэтому она должна тратить меньше часов на свою, в том числе научную работу, и при этом получать равную оплату. Кто из знакомых вам женщин спокойно оставит ребенка в садике, потому что не может его забрать вовремя из-за эксперимента? Или, например, самое время пойти в декрет, а на работе скажут, что этого делать нельзя, потому что получили большой грант и пару лет никаких отпусков не предвидится.

” При помощи стипендий и премий нам необходимо продолжать искусственно поддерживать гендерное равенство, пока процесс не станет естественным.

В лаборатории, где работает Екатерина, – матриархат. Большинство научных сотрудников – женщины, а мужчины работают на сервисных позициях. Екатерина уверяет, что так получилось неспециально. Как правило, девушки более спокойные и упрямые, корректно воспринимают замечания по работе. Деятельность в такой лаборатории – это рутинная работа с культурами и множество различных манипуляций, требующих большого внимания к мелочам. Кроме прочего, нужно иметь хорошую мелкую моторику и четкую координацию движений.



” Здесь делом занимаются не ради денег, не пропихиваясь и толкаясь, а потому что интересно.

Такие люди – совсем не сталебары, надо уметь подмечать мельчайшие изменения в системе, уметь их скорректировать или поддержать. Раньше культиваторы не имели автоматических датчиков, и надо было «почувствовать» временную точку, когда добавить субстрат или взять пробу. Жить одной жизнью с культурой клеток – это определенного рода медитация.

В свободное время Екатерина любит выполнять мелкие работы – бисероплетение, вышивание, вязание.

Я считаю, что моим примером учить девочку правильно себя вести в обществе не стоит. Пример активной успешной женщины чаще воспринимается, как «бой-баба», а в науке такой образ женщины неуместен. Здесь делом занимаются не ради денег, не пропихиваясь и толкаясь, а потому что интересно. Пока женщины увлечены исследованиями и работают наравне с активными, любознательными и хорошо воспитанными мужчинами, наука будет в полном порядке.







## Возвращение на Родину

Фонд поддерживает не только российских, но и зарубежных ученых. Так, после реализации мегагранта живший 25 лет за границей химик Дмитрий Иванов остался в России, чтобы продолжить исследования. Он разрабатывает материалы из полимеров, которые имитируют живые ткани и смогут лечь в основу персонализированной медицины.





## Вернувшийся из Европы ученый «оживляет» полимеры, чтобы создавать безопасные имплантаты и умные средства доставки лекарств.

Дмитрий Иванов оставил пост директора в одном из ведущих европейских научных центров, чтобы спустя 25 лет вернуться в Россию, создать лабораторию по программе мегагрантов и при поддержке РФФ разработать материалы из полимеров, которые имитируют живые ткани и смогут лечь в основу персонализированной медицины.

### О НАУКЕ

Последние несколько лет исследователи всего мира стремятся уподобить природе свои разработки. Ведь те механизмы и правила, с которыми «живут» биологические молекулы, оттачивались эволюцией в течение миллионов лет. Мы до сих пор не можем предсказать, основываясь на последовательности аминокислот, какую 3D-структуру приобретет белок после того, как свернется и начнет выполнять свою роль в человеческом организме. Однако ученые уже создают молекулы, которые могут без их инструкций собираться в нужные объекты. Дмитрий Иванов вернулся в Россию, чтобы заниматься именно такими разработками.



Дмитрий Иванов



”

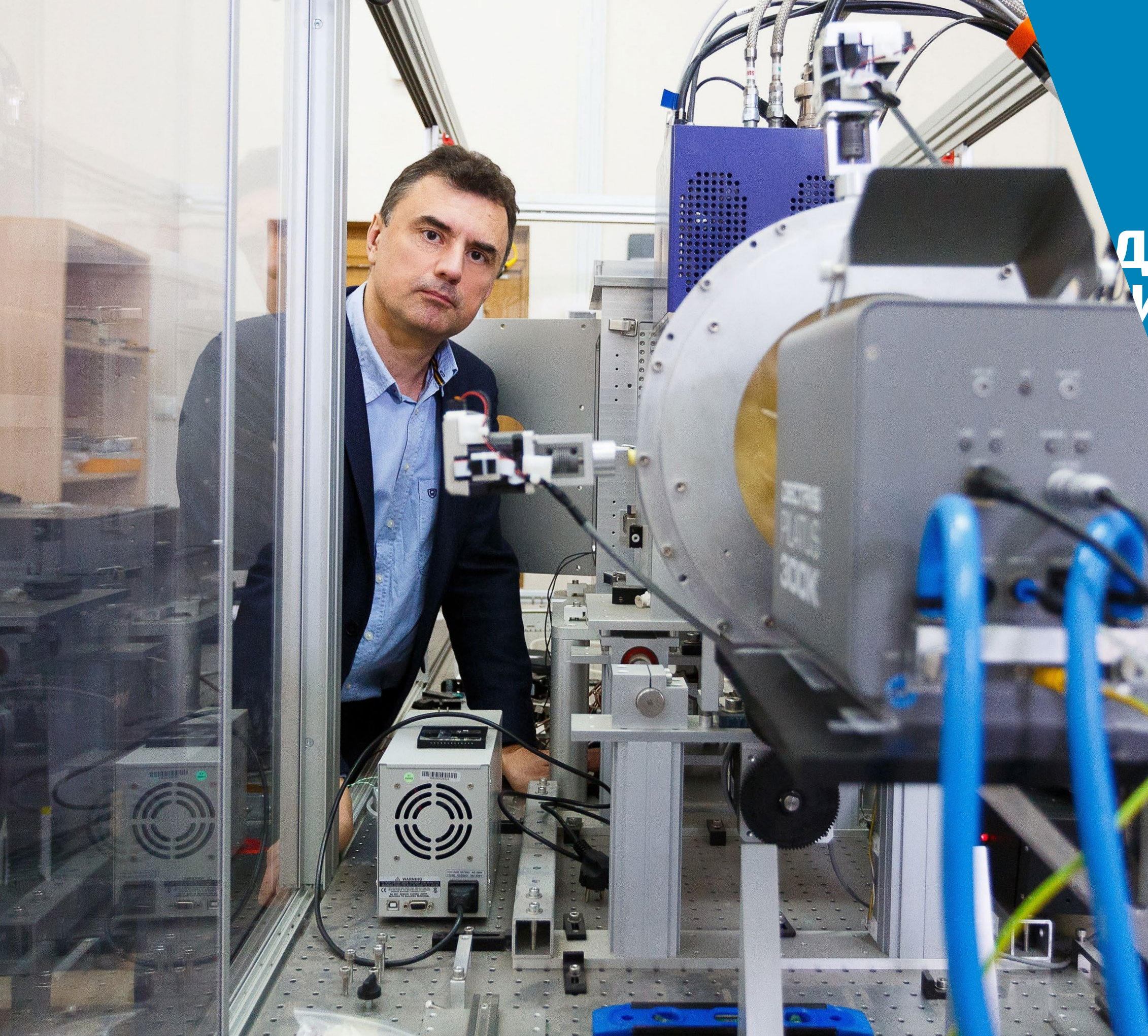
**МЫ ПЫТАЕМСЯ СОЗДАТЬ СИСТЕМЫ, КОТОРЫЕ ОБЛАДАЮТ СВОЙСТВОМ САМОСБОРКИ.**

Мы пытаемся создать системы, которые обладают свойством самосборки – молекулярной самоорганизации, близкой к тому, что происходит в органических молекулах в природе. В одной из работ нашего проекта РФФ лежала идея о самособирающихся системах, способных создавать ион-проводящие мембраны. То есть мы синтезируем некие элементарные «кирпичики», которые уже содержат в себе все, что необходимо для конечной структуры. Далее они сами собираются в надмолекулярные структуры, создавая, например, ион-проводящие каналы. При этом экспериментатор не должен «объяснять» им, что делать. Полученную надмолекулярную систему из этих «кирпичиков» мы полимеризуем с сохранением ее внутренней структуры, превращая ее в полимерную мембрану.

Подобные самособирающиеся материалы могут послужить имплантатами для мягких тканей организма человека – жировой, соединительной, мышечной. Перед командой Дмитрия Иванова стояли две задачи: сделать искусственные материалы такими же мягкими, как естественные, и придать им такое уникальное свойство, как упрочнение при деформации.

Если вы проведете эксперимент и захотите растянуть свою кожу хотя бы в половину или даже на треть длины, вам понадобятся пассатижи. Усилия, которые нужно приложить, будут очень и очень существенны. Это свойство называется деформационным упрочнением. Ваша мягкая ткань сопротивляется деформации и упрочняется, в случае кожи, примерно в тысячу раз. Этот механизм создан эволюцией для вашей защиты, иначе шансы на выживание стремились бы к нулю. Если бы кожа легко растягивалась, внутренние органы подвергались бы риску. Без этого свойства создаваемые нами полимеры в составе имплантата просто травмировали бы окружающие ткани пациента.





# Дмитрий Иванов



- ▶ Кандидат физико-математических наук, заведующий лабораторией инженерного материаловедения МГУ имени М. В. Ломоносова, заведующий лабораторией функциональных органических и гибридных материалов МФТИ, победитель второго конкурса на получение мегагранта, лауреат премии Правительства РФ в области науки и техники за 2013 год, кавалер французского ордена «Академические Пальмы».

## ГРАНТ РНФ

- 2016–2018 | «Разработка функциональных органических цеолитов – самоорганизующихся материалов с заданными геометрией и иерархической организацией нанопор».

**УНИКАЛЬНЫЙ МАТЕРИАЛ** – мягкий и деформирующийся – создал Дмитрий Иванов вместе со своими сотрудниками и партнерами из двух американских университетов. В прошлом году они рассказали о своем достижении в журнале Science.

Ученые сообщили, что не просто перебирали образцы материалов, подходящих конкретному пациенту. Они измеряли механические свойства биологических образцов и с помощью заранее созданных моделей определяли, какие структурные параметры нужны, чтобы синтезировать полимер, точно воспроизводящий механику этого образца. Тем самым, ученые не угадывают, а предсказывают, как создаваемые ими системы будут вести себя, что раньше казалось просто невозможным. Такая универсальная платформа для создания материалов должна обеспечить, по словам исследователей, все многообразие биологических тканей: от совсем мягких до более жестких, таких, как хрящи.

Подобные разработки приобретают особую актуальность на фоне проблем в медицине, которая лишь в небольшой степени считается персонализированной.

Дмитрий Иванов

► **Медицина до сих пор основывалась на принципе: один материал для всех. Если у вас возникла проблема с межпозвоночным диском, вам удаляют диск, вставляют вкладку из пластика, который не соответствует механике вашего диска, и в конечном счете соседние диски тоже начинают разрушаться. Вплоть до того, что пациент может стать инвалидом. Нужно работать над тем, чтобы наши материалы точно соответствовали механике живых тканей и были индивидуальными для каждого пациента.**

Ученые не останавливаются на разработке основы для имплантатов, они хотят создавать умные материалы. В журнале Science описаны успешные эксперименты по приданию материалу оптических свойств – ярко выраженную окраску. Действительно, для передачи сигналов природа активно использует цвет. Например, так делают хамелеоны. В зависимости от тона мускулов хамелеона меняется расстояние между нанокристаллами гуанина в его коже, как следствие – меняется цвет. Подражая этому механизму, ученые растягивали материал, что приводило к изменению расстояния между «светящимися» (дифрагирующими) центрами.

”

**Нужно работать над тем, чтобы наши материалы точно соответствовали механике живых тканей и были индивидуальными для каждого пациента.**



Разрабатываемые полимеры могут помочь доставлять лекарства в организм человека. Например, станет возможным создавать материалы, которые реагируют на температуру пациента и изменяют свое фазовое состояние, высвобождая лекарственные вещества.

Понять, как во время исследования ведут себя сложные объекты, имеющие в своем составе структуры размером до сотен нанометров, помогает синхротрон, накопительное кольцо которого по периметру составляет 844 метра. Этот, наверное, самый заметный на поверхности Земли объект научной инфраструктуры. Он находится во Франции – в Гренобле, на слиянии двух рек. Европейские ученые используют излучение, генерируемое при ускорении циркулирующих в накопительном кольце электронов с тем, чтобы изучить структуру объектов своего исследования.

Команда Дмитрия Иванова не ограничивается исследованиями на синхротронах. Ученые создают действительно уникальные способы изучения образцов очень маленьких размеров, в том числе таких, которые нельзя изучать медленно, иначе сам эксперимент поменяет их структуру и, соответственно, свойства. Для решения этой проблемы Дмитрий с коллегами создал сверхбыстрый калориметр, который вместе с рентгеновской дифракцией за единицы миллисекунд точно определяет, что происходит с образцом. Этот метод уже пользуется популярностью за рубежом – в частности, на синхротроне в Гренобле – и вызывает значительный интерес у представителей промышленности.

► ► **Я вижу будущее наших исследований в одновременном сочетании разных физико-химических методов, позволяющих изучать образцы весом примерно в один нанограм и дающих информацию как об исходном состоянии образца, так и том, что с ним происходит в ходе самого эксперимента длительностью в несколько миллисекунд.**

## О ВОЗВРАЩЕНИИ В РОССИЮ

Дмитрий Иванов

Дмитрий Иванов никогда не думал, что уедет из России. Он отучился в МФТИ, защитил диссертацию и собирался работать по специальности. Но после распада Советского Союза наука перестала быть приоритетным направлением. В кармане Дмитрия лежала стипендия, которую хватило бы разве что на два килограмма бананов на рынке, стихийно раскинувшимся напротив академического института, где работал молодой ученый. Именно для продолжения работы по специальности Иванов отправляется сначала в Бельгию, а потом во Францию.

**Вначале я не думал, что когда-то уеду из России, а потом не думал, что когда-нибудь смогу вернуться к работе на родине. Но у меня было большое желание передать свой опыт молодым в стране, в которой я родился и вырос. С появлением программы мегагрантов я понял, что такая возможность есть.**

В 2011 году для выполнения только что выигранного мегагранта ученый «отвоевал» у вузовских профессоров комнату под лабораторию в МГУ на факультете фундаментальной физико-химической инженерии. Дмитрий закупил оборудование, в том числе редкий рентгеновский прибор – дифрактометр, аналогов которому нет в России. Дифрактометр позволяет одновременно измерять структуру образца в широком диапазоне пространственных шкал, поэтому его можно назвать миниатюрным синхротроном.

Ученый ушел с поста директора Института материаловедения в городе Мюлуз. Этот институт входит в систему французского Национального центра научных исследований (CNRS) – аналога Российской академии наук.

**Я отказался от административной позиции, потому что она была трудно совместима с научной деятельностью и работой по мегагранту.**

”

**У МЕНЯ БЫЛО БОЛЬШОЕ ЖЕЛАНИЕ ПЕРЕДАТЬ СВОЙ ОПЫТ МОЛОДЫМ В СТРАНЕ, В КОТОРОЙ Я РОДИЛСЯ И ВЫРОС.**

Ученый выполняет свою миссию и знакомит студентов и молодых ученых с ведущими мировыми специалистами. Он не только включается в работу над проектом НТИ по созданию новых топливных элементов, но и работает с партнерами из Европы над разработкой солнечных батарей на основе органических молекул, полимеров, которые превращают соленую воду в пресную, а также над другими перспективными направлениями.

**Мы ведем кочевую жизнь, много времени проводя на выездных экспериментах. На синхротроне круглосуточная работа, мы обязаны занимать линию 24 часа в сутки. Мы сменяем друг друга, помогаем в работе. Это сближает нас и делает команду еще более слаженной, чем при обычном функционировании лаборатории. Там же мы знакомимся с большим количеством людей. Если пройти по кольцу, можно встретить специалиста практически из любой области. Мне кажется, лучшего места для профессиональных знакомств не найти в Европе. Здесь самая высокая плотность научных работников на единицу поверхности, причем ученых высочайшего уровня. Уверен, это очень полезно для молодого поколения.**

Недалеко от дома, где живет ученый, в Воронцовском парке, стоит старинная усадьба. Ее восстановили практически с нуля. Дмитрий любит гулять здесь, ощущая свою причастность к исторической и современной России. Он рад тому, что, наконец, может работать на родине и приносить пользу своей стране.

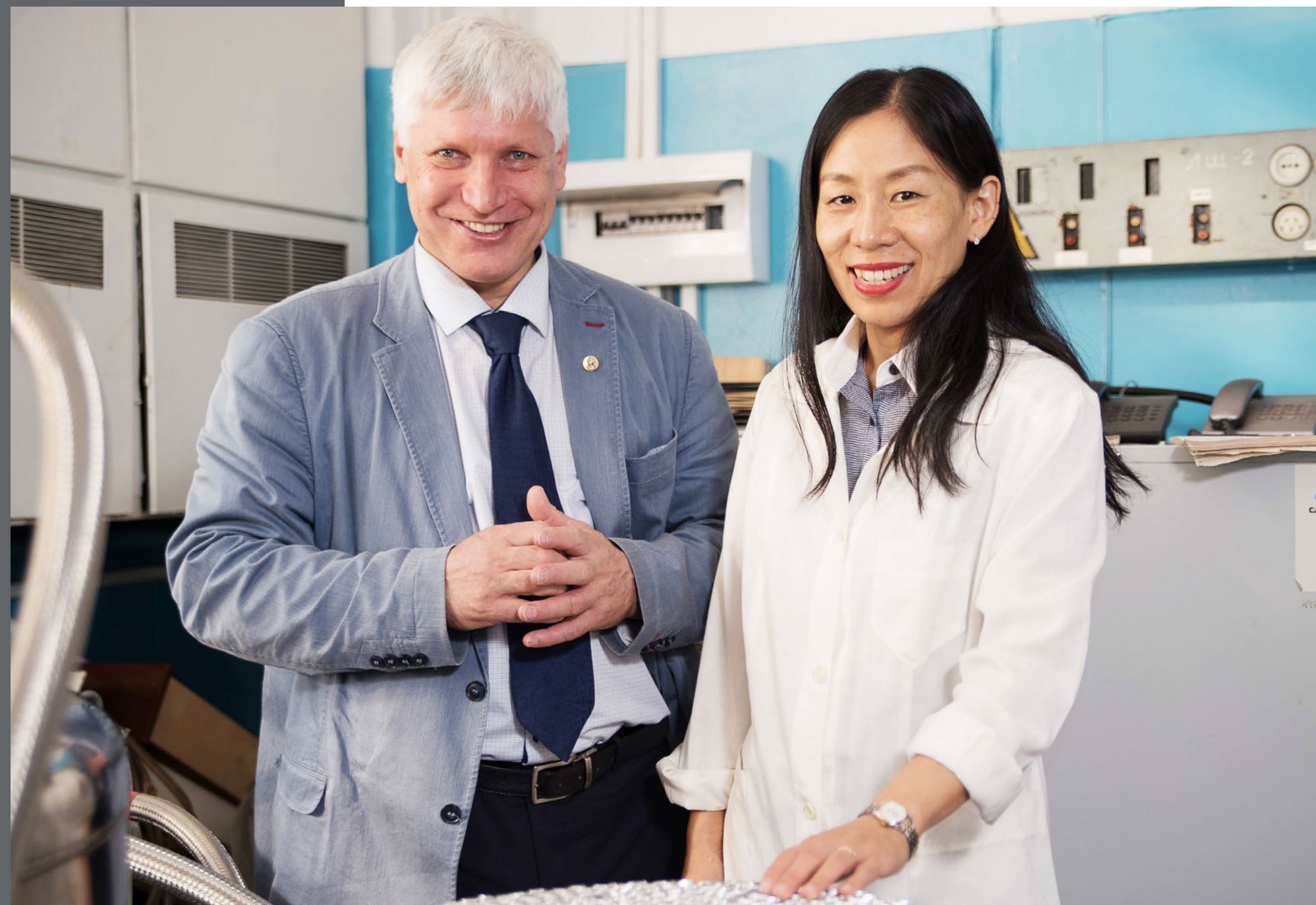


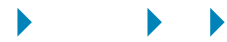
Лаборатория Дмитрия Иванова – одна из тех лабораторий, которые после завершения мегагранта показали свою жизнеспособность и продолжили работать. Такие форматы поддержки, как программы РНФ, помогают сотрудникам продолжать свои исследования на родине.

📍 **Новосибирск**

## Любовь и гранты

Еще одно важное направление поддержки РНФ – гранты для международных проектов. Один из таких грантов помог физику Александру Павленко найти не только надежных партнеров и хороших коллег, но и свою любовь.





## Грант помог ученому из Сибири найти в Китае свою любовь.

Супруга Александра Павленко боролась с тяжелой формой онкологического заболевания. Операция не помогла ей выздороветь, и она умерла в 2015 году. Александр прожил с женой 35 лет. В конце 2014 года он в качестве руководителя проекта выиграл грант Российского научного фонда. Чтобы пережить тяжелейшую утрату, ученый с головой погрузился в работу. Грант предполагал привлечение к исследованиям иностранных коллег. Так в Новосибирск приехало шесть ученых из Китая, среди которых оказалась будущая жена Александра – Хонг, профессор Тяньцзинского университета. Сегодня они вместе занимаются фундаментальными и прикладными исследованиями и воспитывают сына Алексея.

Александр Павленко



После смерти жены домой просто не хотелось идти, так как мысли о потерянном близком человеке, одиночестве тут же заполняли голову. Наши взрослые дети – Анна и Павел – уже жили отдельно, имея свои семьи. Активная работа в рамках гранта оказала спасительное действие – я был полностью погружен в нее и все время находился в институте. Когда шли переговоры, обсуждения с коллегами из Китая по вопросам реализации проекта, я вел активную переписку по электронной почте с одной из них, с Хонг. Когда мы встретились, я уже был знаком с ней заочно. Как сейчас говорят, это была любовь с первого взгляда.



## О НАУКЕ

Одна из главных проблем проекта, на которой сконцентрировано внимание Александра, Хонг и их коллег, – повышение эффективности разделения смесей при дистилляции. При помощи этой технологии получают чистые вещества: например, в криогенных дистилляционных колоннах из воздуха получают азот, кислород, аргон; в нефтехимии – бензин, керосин и другие. При криогенной дистилляции воздух сначала переходит в жидкое состояние, а потом разделяется. На выходе получают чистые продукты. Современные разделительные колонны могут быть очень большими: более 10 метров в диаметре и высотой с трехэтажный дом. Чем шире колонны в диаметре, тем больше чистых продуктов получается на выходе. Но страдает качество: продукты выходят недостаточно чистыми.

Предыдущие исследования показали, что эффективность разделения смесей в больших промышленных колоннах в основном падает из-за так называемого «масштабного фактора». В колонне есть предмет, состоящий из плотно прижатых друг к другу пластин особой формы и микроструктуры на поверхности – структурированной насадки. При противоточном течении потоки жидкости и пара распределяются по насадке неравномерно. Задача команды ученых под руководством Александра Павленко – изучить закономерности и факторы, определяющие значительное перераспределение потоков жидкости и пара по колонне, и понять, что можно сделать для повышения эффективности разделения крупномасштабных промышленных дистилляционных колонн.

В ходе исследований ученые предложили, как решить проблему неравномерного распределения параметров потоков жидкости внутри колонны. Можно либо периодически смачивать насадку и создавать динамические режимы течения жидкости и пара, либо при запуске оборудования корректировать параметры орошения насадки.



до  
**20% РОСТ**  
эффективности







## О КОММЕРЦИАЛИЗАЦИИ

Александр Павленко уверен, что без глубоких и комплексных фундаментальных исследований не может быть эффективных прикладных исследований, направленных на создание и совершенствование технологий. Ученый доказывает это на своем примере. В рамках долгосрочного контракта с американской криогенной компанией сотрудники лаборатории Павленко решают проблемы, которые возникают у партнера во время эксплуатации криогенных дистилляционных колонн и теплообменников разного типа. Например, ученые на основе систематических исследований показали, что в процессе разделения смесей жидкостей в условиях дистилляции при восходящем движении в структурированной насадке течение пара становится неустойчивым. Причина – значительное повышение его плотности при относительно невысоких скоростях. Как следствие, жидкость и пар распределяются неравномерно: жидкость концентрируется в центре, пар – на периферии, что приводит к резкому снижению эффективности разделения.

**В РЕЗУЛЬТАТЕ** реализации проекта впервые был создан управляемый распределитель жидкости и протестирована сама идея динамического орошения структурированной насадки по заданным законам. Опыты проводятся в Институте теплофизики РАН, где работают супруги, на крупномасштабной дистилляционной установке, по своим экспериментальным возможностям не имеющей аналогов в мире. Она уникальна в своем роде и приближена к размерам реальных колонн, устанавливаемых на заводах по разделению смесей.

**В процессе работы над проектом мы реализовали эту новую идею и повысили эффективность разделения до 20% для определенных режимных параметров работы колонны. В нашей области химических технологий это достаточно много.**

Александр Павленко

**” Результаты наших фундаментальных исследований позволили по-другому взглянуть на проблему. Мы предложили новые идеи по снижению негативных эффектов, проявляющихся в крупномасштабных дистилляционных колоннах, и дали основу для применения этих разработок на практике.**

Участники совместного проекта успешно сотрудничают с промышленными компаниями Китая, специализирующимися на разработке оборудования для химической промышленности.



Хонг  
Суй



- ▶ Доктор технических наук,  
профессор Тяньцзинского университета,  
старший научный сотрудник Института теплофизики  
имени С. С. Кутателадзе Сибирского отделения РАН.  
Работает при поддержке гранта РФФИ совместно с мужем.



## О СЕМЬЕ

Когда проект Александра Павленко только стартовал, в Новосибирск для исследований приехали четыре профессора и два доцента из Тяньцзиньского университета – самого известного и авторитетного учебного заведения Китая в области химических технологий.

Александр Павленко

▶ **Хонг мне сразу понравилась, и я предложил ей переехать в Новосибирск. Она долго сомневалась – дома осталась ее семья и друзья. За год мы отправили друг другу более четырехсот писем по электронной почте. В итоге она согласилась на переезд. Наша свадьба состоялась в ноябре 2016 года в самый холодный день, когда температура в Новосибирске упала до –37 градусов.**

**НЕ ТОЛЬКО** обоюдная любовь к китайской и российской культурам объединила представителей разных наций. Александр и Хонг – ученые, и, по их словам, это помогает им достигать полного взаимопонимания.

Александру не надо объяснять жене, почему он часто поздно возвращается с работы и почему не может иначе. Хонг работает рука об руку с супругом и обрабатывает, систематизирует данные, полученные на лабораторных установках. Она уже неплохо владеет русским языком и планирует стать преподавателем в Новосибирском государственном университете.

Хонг Суй

▶ **У нас одна и та же цель в жизни и схожие взгляды на многие вопросы. Это помогло мне освоиться в Новосибирском академгородке и полюбить это место. Здесь много хороших людей и красивая природа.**

Коммуникабельность и хорошие организаторские навыки Хонг помогают супругу совершенствовать рабочие процессы в его научно-организационной деятельности. Зная нюансы научно-технической политики Китая, супруги налаживают новые партнерские отношения и планируют совместные проекты с китайскими компаниями.



” **У нас одна и та же цель в жизни и схожие взгляды на многие вопросы.**

## О ГРАНТАХ

Проект Павленко недавно завершился, и он считает его очень успешным. По словам ученых, грант в период его реализации позволил создать и существенно модернизировать крупномасштабные установки, провести серьезные комплексные экспериментальные и теоретические исследования и получить значимые практические результаты.

**ПО УСЛОВИЯМ КОНКУРСА** РНФ Александр Павленко должен был не только привлечь к проекту иностранных коллег, но и проводить ежегодные тематические конференции. Ученый признается, что сделать это было тяжело, но результат того стоил: на мероприятиях удалось установить десятки полезных контактов и наметить новые совместные исследования с зарубежными и отечественными учеными.

Александр Павленко

▶ **У нас большой взаимный интерес с международными партнерами и хорошее поле для дальнейшего сотрудничества. Поскольку сейчас достаточно много грантов предполагают международное участие, мы будем поддерживать контакты с нашими новыми коллегами, в том числе в рамках реализации грантов РНФ.**





# Александр Павленко



- ▶ Член-корреспондент РАН, доктор физико-математических наук, заведующий лабораторией низкотемпературной теплофизики Института теплофизики имени С. С. Кутателадзе Сибирского отделения РАН в г. Новосибирске.

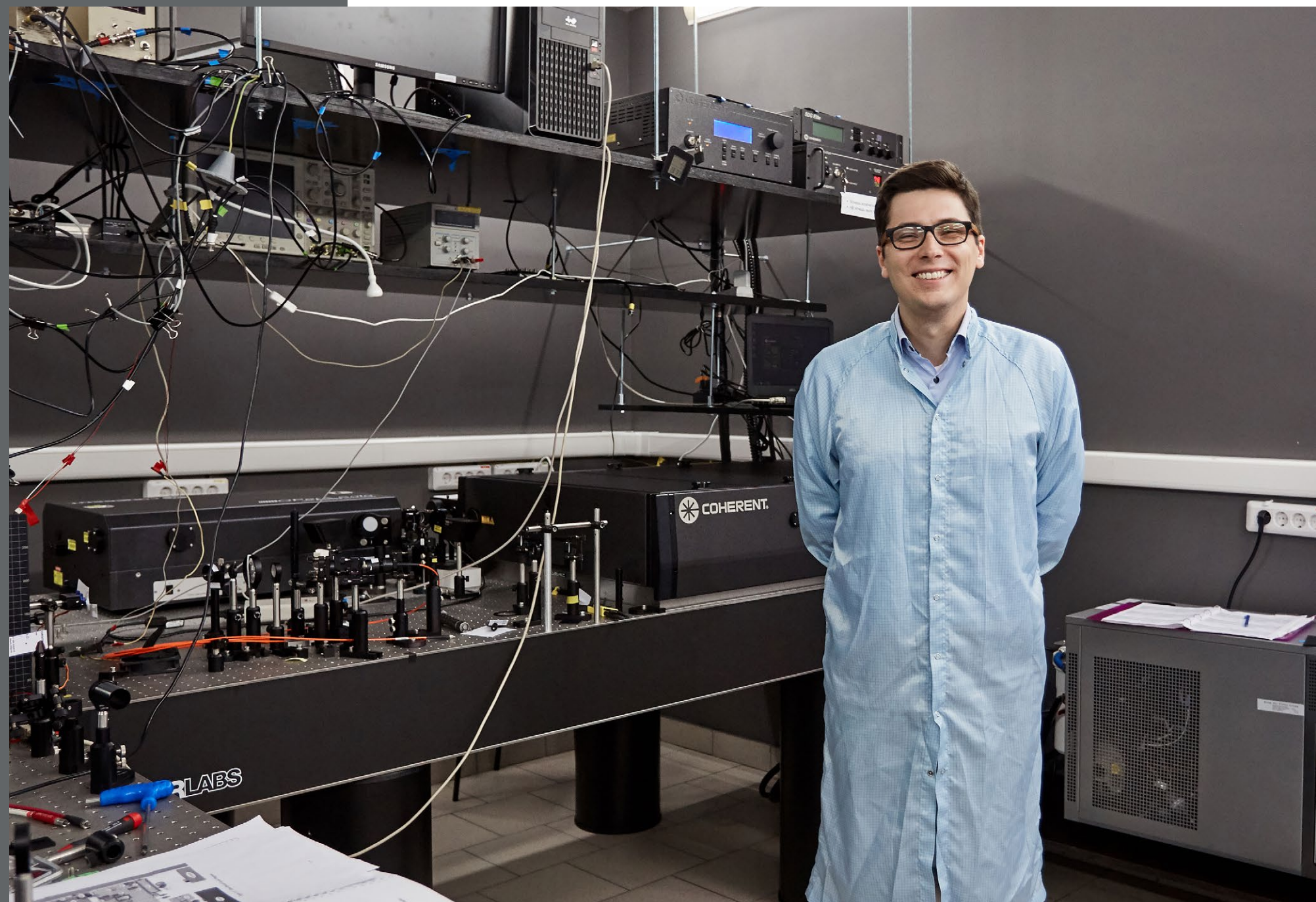
## ГРАНТ РФФИ

- 2014–2016 «Комплексное изучение взаимосвязи самоорганизации течений и неравновесного межфазного теплообмена в условиях многомасштабного взаимодействия применительно к разработке высокоэффективных технологий в дистилляции и энергетическом оборудовании».
- 2017–2018

📍 МОСКВА

## Возраст не имеет значение

РНФ стремится давать возможность молодым ученым реализовывать свой потенциал. В 2014 году, в год создания Фонда, в первом же конкурсе победил 26-летний Максим Щербаков. Он до сих пор остается самым молодым грантополучателем Фонда, который боролся за грант наравне с состоявшимися учеными.



▶ ▶ ▶

## Самый молодой грантополучатель РНФ: «Моя победа – это большое командное усилие и успешное попадание в тему».

В 2014 году первый конкурс РНФ для отдельных научных групп выиграл 26-летний Максим Щербаков, сотрудник лаборатории нанооптики и метаматериалов физического факультета МГУ имени М. В. Ломоносова. Он до сих пор остается самым молодым грантополучателем Фонда, который боролся за грант наравне с состоявшимися учеными. Максим уже на полпути к своей мечте – замене электронного процессора на фотонный.

Максим Щербаков ▶

В 2013 году мы познакомились с австралийской научной группой под руководством Юрия Кившаря. Они рассказали, что есть новый класс структур – диэлектрические метаматериалы. Все начинают ими заниматься, но до конца не понимают принципы их работы. Мы сообразили, что можем сделать нечто интересное, объединив этот класс структур с нашими лазерами. Эти работы лежат в области нелинейной оптики. Эффекты нелинейной оптики проявляются, когда мощное лазерное излучение взаимодействует с любой средой. Так рождаются интересные эффекты: например, несколько фотонов в лазерном излучении сливаются в один, как материя на Солнце во время термоядерной реакции, и дают фотон с энергией больше, чем исходные фотоны. Это довольно сложный процесс, и его вероятность очень мала. Но если бы мы научились контролируемо сливать и разъединять фотоны, это открыло бы огромные возможности в области оптической телекоммуникации. Мы и раньше занимались нелинейной оптикой, но не в связке с наноструктурами. К этой задаче не подходили ни мы, ни кто-либо до нас. И мы приступили к работе.

▶▶



” План исследований был прозрачен. Мы знали, что хотим делать, поэтому я и подал заявку.

У исследователей была большая коллаборация. Теоретические расчеты делали в Австралии, образцы наноструктур – в США, а экспериментами занимались российские ученые, среди которых был и Щербаков. Во время работы над статьями «перекидывали» их по всему Земному шару. Максим заканчивал свою часть и пересылал в Америку, американские коллеги – в Австралию. Потом все повторялось – по сути, работа шла 24 часа в сутки.

Когда Фонд объявил первый конкурс\*, у нас была масса запланированных экспериментов. Стало ясно, что эта история не на полгода, а как минимум на три. План исследований был прозрачен. Мы знали, что хотим делать, поэтому я и подал заявку.

Максим считает, что его победа – это, с одной стороны, удача, с другой – большое командное усилие и успешное попадание в тему. Он знал много людей с блестящими заявками и научным заделом, которым не удалось победить в этом конкурсе. Сам же Максим в тот момент только защитил диссертацию и основную часть времени работал по другой тематике. Видимо, по словам ученого, эксперты увидели потенциал в его работе.

\* Речь идет о гранте на поддержку исследований отдельных научных групп. – Примеч. ред.



# Максим Щербаков



- ▶ Кандидат физико-математических наук, старший научный сотрудник Лаборатории нанооптики и метаматериалов физического факультета МГУ, исследователь-стажер в Корнеллском университете, США.

## ГРАНТЫ РФ

- 2014–2016 | «Нелинейная оптика полностью диэлектрических метаматериалов».
- 2018–2020 | «Фотоника быстроизменяющихся метаматериалов».



## О НАУКЕ

Максим Щербаков



Мы исследуем взаимодействие излучения с веществом. Есть свет, а есть материя в разных формах, при их взаимодействии последняя приобретает интересные свойства. В итоге они и позволили создать монитор, телефон и другие устройства, которыми все пользуются каждый день. Какое-то время назад люди, которые занимаются фотоникой, поняли, что если взять какое-нибудь вещество, которого много в природе, например, кремний, и начать делать из него наноструктуры, то свойства этого вещества меняются кардинальным образом. Дальше все зависит от вашей фантазии.

Метаматериалы способны хорошо поглощать свет, плохо отражать его и за счет этого, например, делать предметы невидимыми. Также благодаря таким материалам можно заменить электронные устройства на фотонные, что позволит в разы быстрее передавать информацию.

**Успешный опыт** позволил Максиму выиграть еще один грант РФФИ для отдельных научных групп.

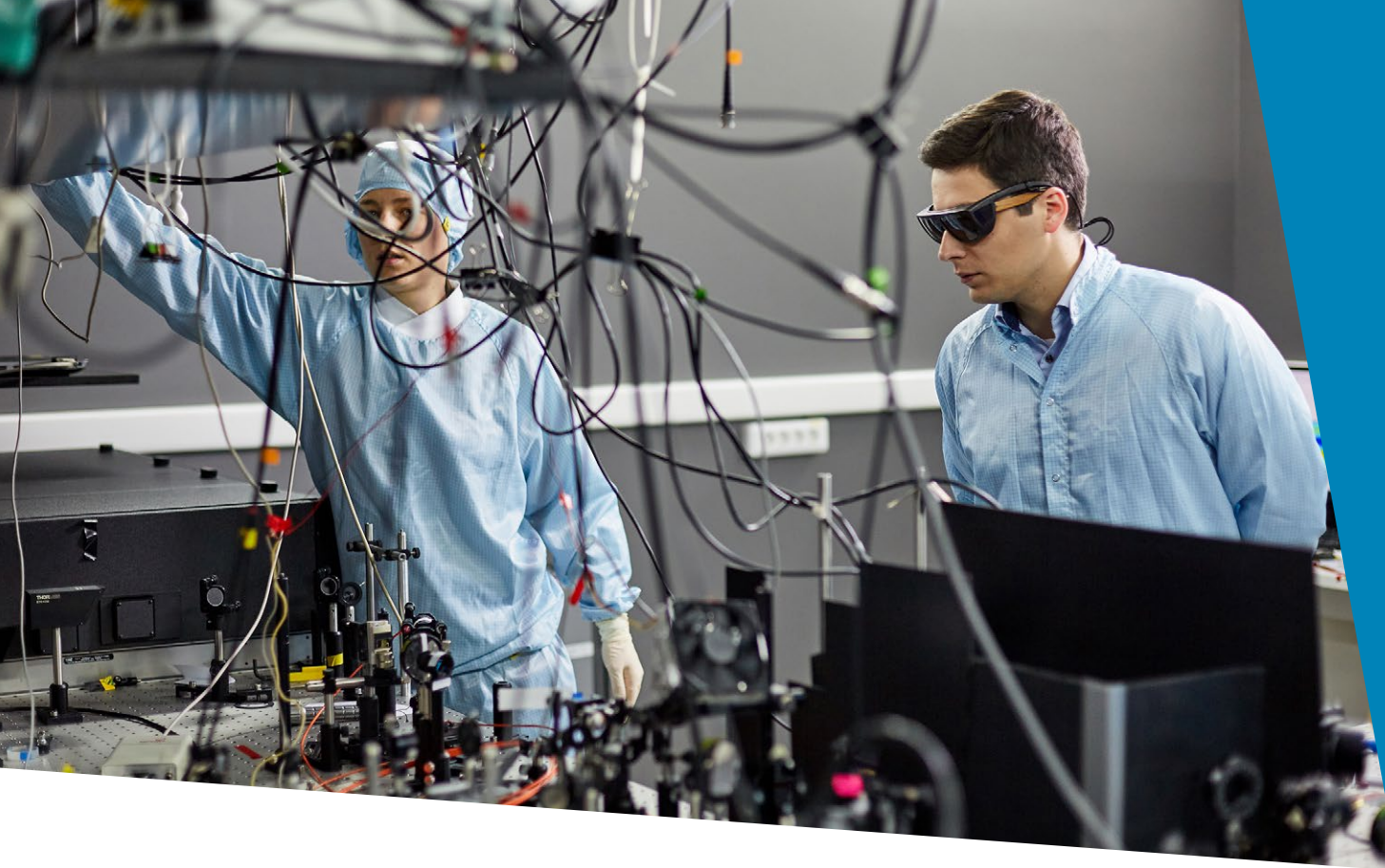
Идея нового проекта отличается от предыдущей, но родилась в процессе реализации первой работы по созданию метаматериалов.

Мы создали новый материал из кремния, который обладает лучшими свойствами для приложения к фотонике, но потом поняли, что можно расширить область применения этих структур на другой материал – арсенид галлия. И сделали еще один шаг в сторону заветной мечты. Кремний, на самом деле, – один из худших материалов, который можно придумать для микроэлектроники. Но исторически так сложилось, что из него научились быстро изготавливать устройства, и дальше все поехало по накатанной дорожке. Но сейчас нужны новые материалы с лучшими свойствами, и арсенид галлия – один из них.



▶ **МОЛОДОЙ УЧЕНЫЙ МЕЧТАЕТ ЗАМЕНИТЬ ЭЛЕКТРОННОЕ СЕРДЦЕ ПРОЦЕССОРА НА ФОТОННОЕ. ЭТИМ ЗАНИМАЕТСЯ ОГРОМНОЕ КОЛИЧЕСТВО ГРУПП ПО ВСЕМУ МИРУ, И ВСЕ ХОТЯТ НАЙТИ «ЗОЛОТОЙ ГРААЛЬ». МАКСИМ И ЕГО КОЛЛЕГИ ДЕЛАЮТ НЕБОЛЬШИЕ, НО УВЕРЕННЫЕ ШАГИ В ЭТУ СТОРОНУ И ВОПЛОЩАЮТ ИДЕИ, КОТОРЫЕ ДО НИХ НИКТО НЕ ИСПОЛЬЗОВАЛ.**





## О ГРАНТАХ

Заявки на молодежные конкурсы Президентской программы исследовательских проектов, которые предполагают упрощенную систему для входа и дальнейшей отчетности, Максим не подавал – хватило ресурсов для победы в других конкурсах. Зато он в качестве эксперта Фонда рецензирует заявки на программу и считает такой способ поддержки молодых ученых важным видом признания их успехов.

**Я был оппонентом на диссертации у одной сотрудницы, которая получила грант Президентской программы, и я вижу, как она идет в гору. Молодым ученым очень важно признание, поэтому свое финансирование, пусть и не фантастически большое, позволяет им стремительно расти и развиваться.**

Щербаков отмечает высокий уровень заявок, но считает, что их можно улучшить, если не пускаться в две крайности: ставить себе слишком амбициозные планы или не ставить такие цели вообще.

**За чересчур амбициозными целями, как правило, кроется нереалистичный план исследований: нет связи между тем, что ты хочешь сделать, и тем, что ты успеешь сделать за три года. Бывает, человек чем-то занимается и думает, а не написать ли ему проект по этой теме? В таких случаях в заявке амбиций совсем не видно и становится непонятно, зачем человеку грант, что кардинально изменится в науке, если у него будут эти шесть миллионов рублей? Обычно люди, которые это понимают, подают более целостные заявки.**

## О КОММЕРЦИАЛИЗАЦИИ

Арсенид галлия уже используют для создания светодиодов, но команда Щербакова подошла к процессу слияния и распада фотонов с другой стороны, и эффективность материала возросла на несколько порядков. Поскольку фотоника – область прикладная, исследователи, занимающиеся ею, тесно сотрудничают с бизнесом. Ученые останавливают внимание на тех направлениях, которые помогут их фундаментальным исследованиям найти нишу на рынке. Когда в ходе экспериментов Щербаков и его коллеги поняли, что выходят на новый уровень исследований с другим материалом, они сосредоточились именно на нем.

Исследователи из МГУ, так же, как и коллеги из других организаций, тесно взаимодействуют с бизнесом. Ученые помогают компании Samsung Electronics делать такие девайсы, как очки дополненной реальности.

Максим Щербаков

**Мои линзы в очках имеют толщину в несколько миллиметров, а если взять новую модель мобильного телефона и посмотреть, какая у нее самая толстая часть, таковой окажется камера. Все остальное становится тоньше и тоньше с каждым годом, а камера остается, потому что линзы, из которых эти камеры состоят, слишком большие в масштабах телефона. Мы знаем, как сделать их толщиной меньше человеческого волоса, и компании, вроде Samsung, интересуются такого рода исследованиями.**





## О ВОЗРАСТЕ В НАУКЕ

Старшее и младшее поколения ученых зачастую имеют разные взгляды на работу: публиковаться в высокоимпактных журналах или нет, писать статьи на английском или нет, внедрять свои разработки на рынок или заниматься исключительно фундаментальной наукой, покупать оборудование через интернет-магазины и собирать его своими руками или использовать таможенно и готовые, проверенные приборы.

Максим Щербаков



На одной из конференций мы разговорились с коллегой моего возраста. Он высказал мнение, что есть мы – молодые и горячие, а есть институты, где средний возраст сотрудника старше нашего на двадцать лет. Если совместить компетенции опытных с энтузиазмом и возможностями молодых, можно, в принципе, сделать все, что угодно. Коллега говорит, что они этот мостик начинают налаживать.



**ВСЕ, ЧТО НУЖНО ДЕЛАТЬ, – ЭТО ЧАЩЕ  
РАЗГОВАРИВАТЬ И ОБСУЖДАТЬ, КАК МОГУТ  
ДРУЖИТЬ РАЗНЫЕ ПОКОЛЕНИЯ.**

Ты получил рецензию на свой проект, тебя раскритиковали. Ты видишь, что рецензию пишет человек за 50, а у него свое мнение по поводу того, какой ты «безголовый» и ничего не понимаешь. Ты начинаешь злиться, злость накапливается – и появляется та самая пропасть между поколениями. Нам следует чаще общаться и обсуждать, как мы можем помогать друг другу.



**ЕСЛИ СОВМЕСТИТЬ КОМПЕТЕНЦИИ  
ОПЫТНЫХ С ЭНТУЗИАЗМОМ  
И ВОЗМОЖНОСТЯМИ МОЛОДЫХ,  
МОЖНО СДЕЛАТЬ ВСЕ, ЧТО УГОДНО.**

В борьбе с непониманием и недосказанностью помогает, по мнению Щербакова, письменная фиксация идей и всего хода обсуждения.

Когда мой аспирант пишет статью, мы можем сидеть через три компьютера, но он все равно продолжает письменно фиксировать свои идеи. Это помогает четче сформулировать мысли. Порой некоторые куски текста можно просто скопировать и вставить в статью, и этим существенно улучшить публикацию.





**Идея и реализация:**

**Российский научный фонд**

Мария Михалева, руководитель проекта  
Станислав Любаускас, фотограф  
Юлия Шуляк, журналист

**Дизайн и печатное оформление:**

**Издательство Origami Books**

Антонина Птицына, арт-директор проекта  
Максим Молоков, дизайнер

**Поддержку и помощь в создании  
книги оказали наши друзья и коллеги:**

Университет ИТМО

Пресс-служба ИЯФ СО РАН

Юлия Позднякова, начальник Управления по пропаганде  
и популяризации научных достижений СО РАН

Егор Задереев, руководитель Группы научных коммуникаций  
ФИЦ КНЦ СО РАН

Ирина Якунина, фотограф в Красноярске

**”** Российский научный фонд благодарит  
героев книги и всех, кто помог этой идее  
воплотиться в жизнь!