

ФУНДАМЕНТАЛЬНЫЕ  
*задачи*  
ФУНДАМЕНТАЛЬНОЙ  
*науки*





### ВЛАДИСЛАВ ЯКОВЛЕВИЧ ПАНЧЕНКО

Академик РАН, директор Института проблем лазерных и информационных технологий РАН, заведующий кафедрой медицинской физики физического факультета МГУ им. М.В. Ломоносова, председатель Совета Российского фонда фундаментальных исследований.

*Последние несколько десятков лет происходит мощное вторжение методов физики в различные области медицины в русле нового научно-технологического уклада, базирующегося на объединении и взаимопроникновении (convergence) различных научных дисциплин и высоких технологий*

#### Физика вооружает медицину

**С.П. КАПИЦА:** Создание рентгеновских аппаратов, кардиографов, томографов, других приборов стало свидетельством внедрения результатов физических исследований в практику современной медицины, в первую очередь в диагностику. Сегодня в арсенале медиков присутствуют мощные источники излучения — лазеры, возможности которых велики: при помощи таких инструментов можно рассекать ткани, соединять их и делать многое другое.

**В.Я. ПАНЧЕНКО:** Лазерная физика привнесла очень многое в современную медицину. Для выбора эффективного лечения необходимы точные диагностические данные. И здесь оптика оказывается незаменима, прежде всего в офтальмологии. Благодаря работам российских физиков создана аппаратура, позволяющая видеть глазное дно человека, сосуды, с точностью до микронов, а иногда и субмикрон. Методы исследования с помощью лазерных технологий позволяют проводить раннюю диагностику сердечно-сосудистых, онкологических, различных инфекционных заболеваний, рост которых сегодня очевиден. Деятельность моих коллег в тесном сотрудничестве с рядом клиник и исследовательских центров России привела к созданию новых инструментов, в частности была реализована программа, в которой участвовали институты Российской академии наук, Национальный исследовательский центр «Курчатовский институт», ведущие университеты. Результатом этой работы стало создание системы дистанционного биомоделирования. Идея достаточно проста, хотя на ее реализацию потребовалось более десятка лет.

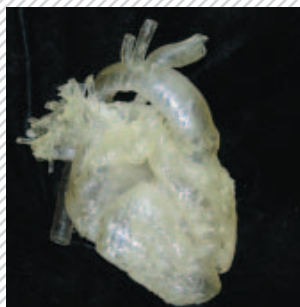
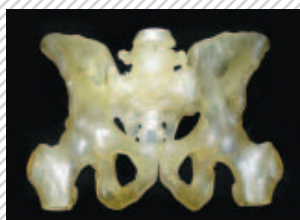
**С.П. КАПИЦА:** Это хороший пример междисциплинарного подхода, в котором использованы возможности лазерной физики, новейших информационных технологий и медицины. В чем суть системы дистанционного биомоделирования, как она работает?

**В.Я. ПАНЧЕНКО:** Начальные шаги по внедрению этого метода были трудны и ответственны. Впервые мы





Император Николай II с семьей



Лазерная стереолитография

применили его в начале 1990-х гг. при идентификации останков Николая II и его семьи. Используя методы и законы криминалистики, мы реконструировали на компьютере облик погибших и воспроизвели копии их останков. А потом уже на их основе специалисты воссоздали облик полностью.

Если говорить о сути этого метода, дистанционное био-моделирование — лазерно-информационная технология, позволяющая создавать копии фрагментов человеческого скелета методом компьютерной лазерной стереолитографии по индивидуальным томографическим данным пациента, передаваемым через Интернет. С помощью томографии мы получаем виртуальный образ больного органа человека или зоны, которая в настоящий момент нас интересует. Изображение достаточно детальное, разрешение современной томографии миллиметры – сотни микрон. Медики говорят, что этого вполне достаточно. Большое количество слоев позволяет создать виртуальный трехмерный образ, на основе которого путем лазерной фотополимеризации мы делаем реальную объемную модель. Современные методы либо лазерной стереолитографии, которая воспроизводит данные методом лазерной фотополимеризации, либо системы селективного лазерного спекания порошков, включая наноразмерные порошки, позволяют воссоздать трехмерный образ со всей внутренней топологией. Такие модели мы реконструируем на основе томографических данных, передаваемых из различных клиник через Интернет. Внедрение стереолитографии в медицинскую практику в дополнение к виртуальным моделям дает в руки врачей реальные физические биомодели, которые используются для подготовки операций. Если говорить о преимуществах метода, то, во-первых, он уменьшает

“ Много лет назад судьба свела меня с выдающимся кардиохирургом Лео Антоновичем Бокерией. Мы стали работать над созданием лазерно-информационного комплекса — мощного лазера, который управляется кардициклом пациента. Работа может выполняться на работающем сердце. В миокарде в зоне некроза делают сквозные проколы за один лазерный импульс. По сквозному отверстию величиной 200–500 микрон под давлением устремляется кровь. Перфорированная сердечная мышца омывается кровью и очень быстро оживает. В экспериментах на животных нашими коллегами из Германии был установлен факт: эти каналы становятся центрами зарождения новых сосудов. За время, пока они тромбируются и зарастают, вокруг них начинается процесс ангионогенеза. Эта стадия, динамика этого процесса, к сожалению, пока еще плохо изучена. Но именно новые сосуды берут на себя нагрузку по снабжению нарушенной зоны миокарда, и люди после такой операции живут годами. Операция занимает 15–20 минут. За эту работу коллектив ученых Научного центра сердечно-сосудистой хирургии им. А.Н. Бакулева РАМН и ИПЛИТ РАН получил премию Правительства РФ.

В.Я. Панченко

продолжительность операции в два-три раза (особенно в онко- и нейрохирургии), во-вторых, заметно повышает процент удачных операций. Кроме того, он позволяет снизить их травматичность и сократить реабилитационный период. Чрезвычайно важно, что такие неоспоримые преимущества открыли принципиально новые возможности и в хирургическом лечении детей.

Этот подход получил наибольшее распространение в нейро- и онкохирургии. Хотелось бы отметить совместную работу с академиком РАМН А.А. Потаповым (НИИ нейрохирургии им. Н.Н. Бурденко РАМН), с академиком РАМН В.И. Чисовым и членом-корреспондентом РАМН И.В. Решетовым (Московский научно-исследовательский онкологический институт им. П.А. Герцена). Большое количество работ выполнено с нашими коллегами из Российского онкологического центра им. Н.Н. Блохина, Московского областного научно-исследовательского клинического института им. М.Ф. Владимирского (МОНИКИ).

**С.П. КАПИЦА:** Мне тоже приходилось как физику взаимодействовать с врачами. В самом начале становления сердечно-сосудистой хирургии я немного занимался налаживанием электрокардиографов во время операций. Перед нами стояла экспериментальная задача: как снимать электрокардиограмму во время операции. И мы ее решили. Врачи говорили, что в обычных условиях они таких кардиограмм никогда не видели.

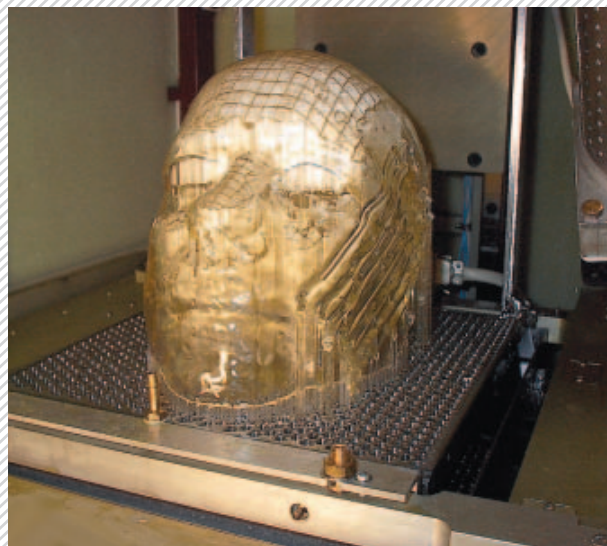
**В.Я. ПАНЧЕНКО:** Электрокардиограмма в реальном операционном времени — важная вещь. Мне пришлось в свое время посмотреть большое количество таких кардиограмм, и они действительно совершенно не похожи на те, которые можно найти в медицинском атласе. Нам с коллегами из Бакулевского центра пришлось заниматься разработкой технологии трансмиокардиальной лазерной реваскуляризации. С ее помощью можно делать сквозные проколы в миокарде и тем самым организовывать дополнительные каналы кровоснабжения его некротических зон. Затем вокруг этих каналов возникает новая сетка кровеносных сосудов, которые берут на себя нагрузку.

Хирурги проводят сложнейшие операции, технологии которых появились благодаря слиянию методов разных специальностей. Были созданы уникальные лазерные машины с высококачественным пространственным распределением излучения. Аппарат должен быть достаточно «умным» — смарт-аппаратом, исключая человеческий фактор или человеческую ошибку. Сегодня такие аппараты умеют делать только в России и в Соединенных Штатах Америки. Это очень мощные технологии, и их внедрению предшествовали почти десять лет клинических испытаний.

**С.П. КАПИЦА:** Междисциплинарные исследования сейчас, несомненно, представляют собой не только броский лозунг, но и методически важные термин и практику. Но здесь возникают следующие вопросы. Как осуществлять взаимодействие физиков и врачей? Физик должен обучаться медицине, или медик должен обучаться физике? Или пусть каждый занимается своим делом, а потом взаимодействует со своим коллегой?

«Когда-нибудь в будущем, при наличии томограммы костных фрагментов, станет возможно создавать «базу данных» для каждого человека, по которой в случае необходимости восстанавливать фрагмент пострадавшего органа. Следующий этап работы над этим методом — создание по томографическим данным не биомодели, а импланта, заместителя пострадавшей части органа. Для этого у нас развивается другая технология. Она называется «поверхностное селективное лазерное спекание». Берутся биосовместимые частички наноразмера и инкапсулируются в небольшие полимерные капсулы, которые имеют размер от 10 до 50 микрон. Из этого порошка нужно сделать объект конечного размера нужной топологии, которая задается компьютерной томографией. Затем частички послойно спекаются лазером. Импланты, полученные методом селективного лазерного спекания или методом лазерной стереолитографии из биосовместимых полимеров, подвергаются последующей обработке в так называемых сверхкритических жидкостях. Они вымывают все вредные радикалы, после чего импланты готовы к использованию. Результаты многочисленных экспериментов внушают надежду. В этом деле мы сотрудничаем с английскими коллегами.

В.Я. Панченко



Отечественный лазерный стереолитограф. Рабочие моменты послойного создания биомodelей





*Так формируется глоссарий... Коллеги обсуждают новые лазерно-информационные интеллектуальные системы для онконейрохирургии. Академик РАН А.А. Потапов (второй слева), профессор МГУ им. М.В. Ломоносова В.М. Гордиенко (четвертый слева), академик РАН В.Я. Панченко (в центре), кандидат физико-математических наук А.В. Ларичев (третий справа), член-корреспондент РАН И.В. Решетов (второй справа) во время работы научно-технического Совета при Совете Федераций РФ (ИПЛИТ РАН, г. Шатура Московской области)*

**В.Я. ПАНЧЕНКО:** Вопрос действительно сложный. Наша тематика объединяет физиков, химиков и врачей. Мне кажется, в любом междисциплинарном деле самое главное — создать глоссарий, потому что нужно научиться чужому языку, иначе мы не будем понимать друг

друга. А за глоссарием стоит большая научно-исследовательская работа для обобщения и выяснения терминологии. Нужно создавать научно-образовательные структуры — центры, кафедры.

## Построить общество знаний

**С.П. КАПИЦА:** Таких примеров взаимодействия фундаментальной науки с практическими областями вы, наверное, знаете очень много, и не только как ученый, а еще как руководитель Российского фонда фундаментальных исследований. Есть два типа фундаментальных исследований: более абстрактные, где тематика основана на интуиции больше, чем на логике, и привязанные к определенной проблематике. То, что вы говорили о лазерных и информационных технологиях, — это фундаментальные вещи для медицины, но для физики — уже в каком-то смысле пройденный этап.

Как поддерживать фундаментальные исследования? Ведь время реализации достижений фундаментальных наук намного дольше, чем хотелось бы.

**В.Я. ПАНЧЕНКО:** Проблема такого разделения всегда остается, поскольку мотивация исследований в каждом случае разная. Действительно, фундаментальные исследования можно условно разделить на те, которые

“ Германия стала первым государством в Европе, в котором открыли фонд, поддерживающий науку. Один из первых — Фонд им. Гумбольдта — был создан в 1860 г. Он поддерживал научные исследования и способствовал поездкам немецких ученых за рубеж. Фонд просуществовал до 1923 г. Его считают предшественником нынешнего Фонда Гумбольдта, который был образован в 1953 г. В основном он финансируется государством, а также некоторыми общественными организациями и частными спонсорами. В 1911 г. появилось Общество кайзера Вильгельма, которое также поддерживало науку, а в 1948 г. — Общество Макса Планка, ставшее его правопреемником. Тогда же было основано Общество Фраунгофера, которое поддерживает прикладные науки.

в настоящее время в основном направлены на генерацию знаний, на познание в целом. Например, эволюция и строение Вселенной. Здесь необходимо развивать подходы на основе глобальных мегапроектов, когда усилиями международного научного сообщества создаются и эксплуатируются очень крупные и крайне сложные установки. В таких проектах участвуют люди из разных стран, говорящие на разных языках, имеющие разные научные традиции, школы. Все они должны найти тот самый глоссарий и подчинить себя и все свои интересы единой мегазадаче. Россия давно и активно участвует во всех основных мегапроектах: CERN, ITER, XFEL. Сегодня на повестке дня стоит вопрос о том, что вскоре и на нашей территории будет дан старт таким проектам. А они, разумеется, дадут толчок и развитию промышленности, и образования. Понадобятся новые кадры, новые специальности — все начнет активно подтягиваться под создание таких установок.

**С.П. КАПИЦА:** Вот сейчас, наконец-то, запустили Большой адронный коллайдер. Его судьба очень поучительна. Такую установку мы пытались построить у себя в Протвине, американцы ее строили в Техасе. И только европейцы объединенным, мировым, я бы сказал, разумом и ресурсами построили такую машину. Это показывает, насколько трудно реализовать такие проекты.

**В.Я. ПАНЧЕНКО:** Есть и другие примеры. В этом году исполнилось 50 лет первому полету Юрия Гагарина в космос. Это технология, родившаяся из советского мегапроекта. Сегодня Российский фонд фундаментальных исследований не может поддержать исследование такого класса, но он в состоянии оказать поддержку на стадии зарождения идеи. Поддержка исследований — самый высокий риск в финансировании. Готово ли государство выделять средства на проекты с зачастую непредсказуемыми результатами? Ученые любят говорить, что отрицательный результат — тоже результат. А вот финансисты это не очень понимают.

**С.П. КАПИЦА:** Следует помнить, что примитивно понятое рыночные отношения неприменимы к оценке фундаментальной науки. Для того чтобы ее разработки были реализованы, требуется от 50 до 100 лет. Российский фонд фундаментальных исследований возник как раз в то время, когда наука остро нуждалась в поддержке.

**В.Я. ПАНЧЕНКО:** Действительно, РФФИ возник 20 лет назад в тяжелый период для нашей науки. Он был призван поддержать фундаментальные исследования и сохранить небольшие исследовательские группы. У Фонда есть два базовых принципа. Один из них — поддержка инициативы отдельного ученого. Больше половины, почти 55% средств, фонд тратит на мелкие по сегодняшним меркам, но крайне важные исследования. Анализ этих данных позволяет решать задачи предсказательного характера, т.е. можно посмотреть, в каком направлении развивается научно-естественное сообщество. Зачастую они соответствуют, как потом показывает жизнь, тенденциям развития науки в целом. Но фонд финансируется государством, поэтому мы не можем быть в стороне от проблем, которые оно формулирует. Соответственно, второй

“ Все крупные фонды мира, которые финансируют фундаментальную науку, поддерживая инициативы «снизу», считают, что они должны приводить к крупным инновационным проектам. Это определяется не отдельными учеными, а тенденциями того или иного общества. Поэтому крайне важно найти такие механизмы, которые концентрируют усилия ученых по «горячим» направлениям. В таком случае фонд и экспертное сообщество получили бы возможность консолидировать финансовые средства. Если опираться только на первый подход, рано или поздно это приведет к распылению скромных средств, которыми располагает фонд. Доминанта диктата сверху неприемлема в науке, это может привести к тупиковым решениям. Поэтому нужно искать оптимальный подход, который должно определять экспертное научное сообщество. Важно понять, какие тенденции развиваются внутри, а какие — в мире, затем их поддержать, чтобы вывести на уровень законченного инновационного продукта.

В.Я. Панченко

“ Среди проектов, поддержанных фондом, — работа, проводимая в течение ряда лет под руководством научного руководителя Лаборатории ядерных реакций им. Г.Н. Флерова ОЯИЯ в Дубне академиком РАН Юрия Цолаковича Оганесяна по открытию сверхновых сверхтяжелых элементов. Исследования были поддержаны и ориентированы более крупными проектами. По мнению авторов, без участия фонда эта работа бы не состоялась. Поддержка фонда инициировала международное сообщество также профинансировать эту работу. Еще один пример поддержки связан с другой областью — актуальными задачами экологии, окружающей среды. Фонд финансирует экспедиции в восточную Арктику, где были обнаружены целые поля подземных метановых гейзеров. Ученые считают, что под панцирем подводной мерзлоты находятся крупнейшие запасы углеводорода. Это имеет большой научный и практический интерес. Кроме того, фонд поддержал исследование фундаментальных аспектов восстановления двигательных функций человека после длительных космических полетов и тяжелых травм. Важнейшая часть работы РФФИ — поддержка молодых ученых. Уже несколько лет существует конкурс — мобильность молодых ученых: человек имеет право поехать в любой исследовательский центр России, работать там до шести месяцев и получать ежемесячно зарплату в 50 тыс. рублей. Таким образом, новейшие мегаустановки могут быть доступны широким слоям молодых ученых.

В.Я. Панченко



*«Действительно, фонды работают давно, свыше десяти лет, и работают эффективно. Тысячи людей задействованы, тысячи! Поддержаны сотни тысяч проектов, сотни тысяч проектов! Результат очевидный»*

*Из заключительного слова Председателя Правительства РФ В.В. Путина на заседании Правительственной комиссии РФ по высоким технологиям и инновациям в г. Зеленограде 20.12.2010 г. (По материалам официального сайта Правительства РФ)*



базовый принцип фонда — развитие и поддержка инициатив, направленных на решение наиболее актуальных научных задач, стоящих перед обществом. Этот принцип реализуется в Фонде в форме конкурса по ориентированным междисциплинарным фундаментальным исследованиям.

**С.П. КАПИЦА:** Сегодня на первый план вышли технологии, связанные с энергетикой, информатикой, компьютерными системами, нанотехнологии. Как работает экспертиза в фонде?

**В.Я. ПАНЧЕНКО:** Фонд привлекает очень широкий круг экспертов высочайшего уровня. Формируется коллективное мнение, которое регулярно обновляется и продуцирует новые тематик. Так, например, родилась международная программа-конкурс по предсказательному моделированию глобальных изменений в мире в экзотической шкале вычислений. В ней приняли участие семь фондов мира, включая наших коллег из Германии, Франции, Великобритании, США. Другой пример — геофизические исследования.

**С.П. КАПИЦА:** Они имеют колоссальное значение для поиска нефти, газа, других полезных ископаемых, а также для исследования самой Земли — ее происхождения, строения, обозримого будущего. У нас пока нет такой теории климата Земли, которая бы отвечала на все сегодняшние вопросы.

**В.Я. ПАНЧЕНКО:** Теория климата — сложнейшая задача. Многие исследовательские группы из США, Великобритании, России предлагают усовершенствовать модели глобального климата с помощью супервычислений. Такие исследования проводятся в рамках вышеупомянутого конкурса. Еще одна важная задача — исследование глобальной сейсмической активности нашей планеты

с одновременным моделированием на суперкомпьютерах магнитных, электрических, гравитационных полей Земного шара. Правильное понимание распределения трехмерных полей, по мнению ученых, поможет разработать некий предсказательный принцип для анализа тех или иных катаклизмов, которые в последнее время заметно участились.

**С.П. КАПИЦА:** В этом есть некий парадокс: мы обладаем полнотой информации, но не всегда есть полнота понимания. Наука стала мировой, все последние серьезные достижения рождены именно общими усилиями. Еще до конца прошлого века мы могли говорить, что есть русская, американская, французская традиция в тех или иных областях, сейчас эта специфика быстро размывается. Законы физики, других научных дисциплин везде одинаковые. Именно это во многом помогает найти общий язык и в других вопросах. Значение фундаментальной науки трудно переоценить: в конечном итоге она определяет то, что потом реализуется в практических знаниях, в конкретных результатах. ■

*Материал подготовила Ольга Беленицкая*