



Фото: Максим Гуплевич

ФУНДАМЕНТАЛЬНАЯ НАУКА: КРИЗИС ИЛИ НОВАЯ МИССИЯ?

Фундаментальные исследования – это дорого, а результат их не виден, поэтому странам с переходной экономикой стоило бы сконцентрироваться исключительно на прикладных работах, помогающих решать актуальные практические задачи. . . Такое мнение нередко можно услышать в кругах, далеких от этой темы. Но вот Нобелевский лауреат, академик Жорес Алферов, защищавший фундаментальную науку даже в самые сложные времена, не уставал повторять, что вся она со временем становится прикладной, и открытия этого выдающегося ученого, которые каждый из нас сейчас «носит» в кармане, в своем мобильном телефоне, – лучшее тому доказательство. В конце ноября в рамках III Форума ученых государств – участников СНГ, организованного НАН Беларуси, исследователи из России, Армении, Молдовы, Казахстана, Кыргызстана, Узбекистана и нашей страны обсудили за круглым столом состояние и перспективы развития фундаментальной науки на постсоветском пространстве. Дискуссия, модератором которой выступил председатель научного совета БРФФИ, директор Исполнительной дирекции академик Сергей Гапоненко, вышла очень оживленной. Представляем самые интересные моменты.

Так зачем нам нужна высокая наука?

Сергей Гапоненко:

– Фундаментальная наука зародилась в античные времена, когда люди задумались об устройстве Вселенной, и Homo Sapiens является единственным объектом в ней, который способен постичь ее гармонию и построить картину мира. С помощью человека Вселенная познает саму себя, и поэтому я убежден, что фундаментальная наука – не меньше, чем наша глобальная миссия. В наше время она стала драйвером прогресса. Каждый налогоплательщик, прохожий на улице должны понимать: именно благодаря ученым люди стали жить дольше и комфортнее, получили новые средства общения в виде современных средств связи и перемещения в виде транспорта. Все это работает потому, что высокая наука порождает высокие технологии, без одного не будет второго. И еще я претендую на такой тезис: при этом она является первой и самой дешевой ступенькой инновационного процесса. Посмотрите: сколько стоит один из крупнейших мегапроектов в области фундаментальных исследований за последнее десятилетие – коллективное строительство странами ЕС и другими адронного коллайдера? 10 млрд евро – и их копили много лет. Фирма Intel ежегодно выделяет на свои исследования и разработки сумму, равную стоимости коллайдера. А фирма Bosh могла бы строить его каждые 3 года!

Олег Пенязьков,
директор Института тепло-
и массообмена НАН Беларуси, академик:

– Фундаментальные знания важны, и люди, которые заняты их получением, чувствуют себя в некоторой степени особенными, но надо понимать, что плодами нашего знания и работой пользуются, как правило, политические, экономические элиты различных стран и народов. И, к сожалению, не знание руководит развитием нашего мира, а скорее своеобразная биополитика, в которой различные страны, регионы, группы внутри стран соревнуются и подавляют друг друга для достижения краткосрочного или долгосрочного преимущества. Сложности для нас, коллег с постсоветского пространства, состоят в том, что мы существуем в реалиях, по моим оценкам, как минимум 50-летней

технологической и ментальной отсталости с точки зрения владения и возможностей создания современных технологий, и это обуславливает изменения в подходах к фундаментальной науке, которые произошли в наших странах. Мы занимаемся, скорее, фундаментально-ориентированной наукой. Возьмем водородную энергетику. Эта идеология возникла на почве глобального потепления, и еще в 2003 г. писали: к 2021 г. в Европе примерно 25–30% автомобильного транспорта будет ездить на водородных топливных элементах. Сейчас же мы видим переход только на электротранспорт. Если мы рассматриваем водород как энергоноситель, то для того чтобы его получить при нормальных условиях, уже надо затратить в 1,3–1,4 раза больше энергии, чем получится при его сжигании, не говоря уже о сложностях транспортировки, так как это газ, и плотность энергии на литр у него по сравнению с твердыми топливами в 5–7 раз меньше. Переход к водородной энергетике сейчас продвигается Германией, Японией – там развиты солнечная и ветроэнергетика, всегда есть пики производства избыточной электрической энергии, связанные с погодой, и нужен промежуточный агент – водород, который позволяет связать и потом использовать эту избыточную энергию для решения различных технологических задач и на транспорте. Аналогичная история может происходить и при выработке электроэнергии на АЭС в ночные часы, когда она не является сильно востребованной. В наших странах небольшие финансовые и технологические возможности для инвестирования в развитие этих технологий, но тем не менее к передовым технологическим изменениям мы должны быть готовы. Думаю, для нас главная задача фундаментальных исследований – сохранить необходимый профессиональный уровень специалистов и создать научно-технические заделы по базовым направлениям, чтобы мы могли технологически правильно выстраивать свою экономическую и политическую стратегию исходя из реалий, происходящих в мире, и не делать ошибочных шагов. Для этого надо выбрать определенные приоритеты, иметь соответствующий уровень знаний и оборудования, думать о создании коллективных центров. Однако пока мы видим, что даже вопрос появления фонда СНГ для проведения фундаментальных исследований безрезультатно обсуждается много лет.

Эмиль Каниметов,
проректор по научной работе
Кыргызского государственного
университета им. И. Арабаева,
кандидат философских наук:

– По выступлениям коллег из СНГ на форуме видно, что у нас есть потенциал, унаследованный от советской науки, который может помочь решить промышленные, медицинские и другие проблемы, стоящие перед нашими странами. Но он не реализуется, инновационные научные разработки не внедряются в производство, не доводятся до массового потребителя в виде товаров, медикаментов и т.п. В итоге зарубежные предложения вытесняют отечественные. Одна из основных причин такой ситуации – проблема выбора ключевых приоритетов научных исследований и разработок, которые поддерживало бы государство, однако определить их без участия социогуманитарных наук сложно. Разработка программ фундаментальных исследований в Кыргызской Республике базируется на нормативных правовых документах, законах о науке, образовании, инновационной деятельности, положениях, постановлениях правительства. Основной упор делается на медицинскую, техническую, сельскохозяйственную сферы и меньше всего – на гуманитарную. В Кыргызстане наука, в отличие от других стран СНГ, финансируется по остаточному принципу. Из ВВП выделяется 0,1%. И многие одаренные ученые уехали.

В целом, почти во всех постсоветских государствах программы развития направлений науки, финансирования научных проектов формируются без реального участия ученых. Мы тесно работаем с японскими коллегами, и представляет интерес их подход к определению приоритетов, основанный на научно-техническом прогнозировании. Его достоверность превышает 70%. В основе прогноза – экспертная оценка. 12 независимых междисциплинарных комитетов – представителей науки, промышленности, университетов – устанавливают перспективные направления исследований для интенсивного социально-экономического развития страны. Основные критерии: повышение технологического уровня и ориентированность технологий на социальные проблемы. Около 3 тыс. специалистов проводят комплексный анализ отобранных тематик, используются и экспертные оценки по методу Дельфи. При этом в методику прогнозирования включен элемент «инновационности», который

определяется как временной интервал от разработки до массового использования технологии. Высокий уровень качества прогнозных исследований достигается за счет апробированной методологии, уровня организации работ, независимости и компетентности экспертов. Это применимо и к нашим реалиям. Но этого не делается – и отчасти потому, что забываются роль и функция социогуманитарных фундаментальных наук. Как показывает жизнь, для обеспечения общественного блага одних технологических инноваций, которые заменяют физический труд на интеллектуальный и др., недостаточно. Чтобы получить условия для полноценной реализации человеческого потенциала, технологические новшества должны быть органично вписаны в повседневность. Человек не должен подчиняться им. Чтобы он стал субъектом собственного развития и страны, должна быть усилена роль социогуманитарных наук. Пока она существенно уступает естественно-научным отраслям. Поэтому и нет понимания общей картины, как и куда двигаться. Если не предпринять этого усилия, мы растеряем уже имеющееся.

От вакцин против COVID-19 до бозона Хиггса: чем заняты ученые СНГ?

Андрей Гончаров,
директор Института биофизики
и клеточной инженерии НАН Беларуси,
кандидат медицинских наук:

– Мы стараемся решать актуальные задачи и сконцентрировались на двух направлениях биомедицинских исследований: иммунологии и клеточных технологиях. Пандемия коронавируса внесла существенные изменения в нашу программу. Во-первых, мы занялись изучением иммунного статуса пациентов с ковид. Это позволило пролить свет на особенности патогенеза болезни, состояние клеточного и гуморального иммунитета у перенесших болезнь и вакцинированных. Было показано, что через 3–6 месяцев содержание Т-клеток снижается, иммунитет к этой инфекции нестойкий, и рекомендации о ревакцинации через полгода оправданы. Были также проведены исследования иммуномодулирующей терапии стволовыми клетками для тяжелых пациентов с коронавирусной инфекцией, показаны хорошие результаты. Совместно с РНПЦ эпидемиологии и микробиологии наш институт занялся разработкой белорусской вакцины против SARS-Cov-2, инактивированной, и уже получены

прототипные варианты, которые сейчас проходят доклинические исследования в Институте физиологии НАН Беларуси. В области клеточной терапии мы освоили полный цикл – от разработки клеточного продукта до его производства и применения. Мезенхимальные и лимбальные стволовые клетки, дендритные клетки, фибробласты, кератиноциты, T-регуляторные клетки применяются для лечения системной красной волчанки, COVID-19-ассоциированных пневмоний, рака поджелудочной железы и мочевого пузыря, рецессии десны и хронического периодонтита, длительно не заживающих ран, ожогов и их последствий.

Жавлон Ташпулатов,
руководитель Отделения
химико-биологических наук
АН Республики Узбекистан,
кандидат биологических наук:

– Мы также не остались в стороне от тем, связанных с пандемией. Нашим Институтом биологической химии созданы антикоронавирусный препарат «Рутан», который прошел все разрешительные процедуры и рекомендован для лечения, а также отечественная тест-система для COVID-19, она производится и активно используется. Начаты исследования по разработке отечественной вакцины от ковид. Но хочется сказать и о других изысканиях. В Институте микробиологии собрана крупная коллекция промышленно важных культур микроорганизмов, здесь изучают природные микробные сообщества различных биотопов, механизмы их адаптации к экстремальным условиям, микробиом человека, разрабатывают технологии переработки отходов и другие. Например, есть проект по очистке от антропогенных загрязнений на нефтегазовых месторождениях при помощи бактерий. Также мы – пионеры по технологиям извлечения золота из «хвостов» с использованием микроорганизмов и урана из отработанных месторождений экологически безопасным методом. Есть у нас и такой уникальный научный объект, как коллекция фитопатогенов, насчитывающая около 1 тыс. штаммов.

Венера Камбурова,
завлабораторией Центра геномики
и биоинформатики АН Республики Узбекистан,
кандидат биологических наук:

– Наш Центр – один из самых молодых, создан в 2012 г., а в 2017-м вошел в систему Академии наук. Мы занимаемся развитием геном-

ных технологий, в основном сельскохозяйственных. Ведем исследования геномного и генетического разнообразия, функциональных генов, белков и метаболитов сельхозкультур, лекарственных и технических растений, микроорганизмов, животных, человека и других биологических объектов с использованием современных инструментов: геномики и биоинформатики. Все геномные исследования начались с изучения хлопчатника – главной культуры в Узбекистане. С помощью маркер-ассоциированной селекции было создано 5 видов хлопчатника. Идет работа по получению идеального сорта, в котором бы сочетались качество волокна, устойчивость к фитопатогенам и насекомым-вредителям. Плюс работаем над выведением генно-инженерных сортов, устойчивых к различным стрессам – засухам, засолению, болезням – не только хлопчатника, но и картофеля, пшеницы. Занимаемся и созданием отечественной генно-инженерной вакцины от COVID-19 на основе ДНК. Сначала мы отсекали штаммы, которые циркулируют внутри республики, и работали на этом материале. Уже есть неплохие результаты на уровне *in vitro*, и сейчас идут расширенные доклинические испытания. Кроме того, пытаемся разработать и так называемую съедобную вакцину: уже есть нужные растения, томаты, и как только получим плоды, пригодные для доклиники, начнем ее тестировать.

Виген Гогинян,
замдиректора Научно-производственного
центра «Армбиотехнология»
Национальной академии наук
Республики Армения,
кандидат ветеринарных наук:

– Центр был образован путем слияния Института микробиологии и НИИ биотехнологии. Наша гордость – Национальная коллекция микроорганизмов, в которой свыше 12 тыс. штаммов. На ее основе ведем и прикладные, и фундаментальные исследования. Наши биотехнологические ориентиры – экологическая биотехнология, пищевая, промышленная, сельскохозяйственная и медицинская. У нас есть базовое финансирование: из госбюджета выделяется около 500 тыс. долл. в год, также мы участвуем во многих программах Комитета по науке, в 2021 г. реализовалось 16 проектов на сумму свыше 1 млн долл. Что касается частных компаний, то они неохотно финансируют научные учреждения. И тем не менее нам

удалось согласовать несколько проектов с коммерческими организациями, которые занимаются производством ферментов, добавок на основе микроводорослей, и наша продукция уже получила выход на европейский рынок. Мы видим, что многие страны стараются создать собственные вакцины, но это дорогое удовольствие и нам не по силам. Мы решили пойти по пути разработки противокоронавирусных препаратов и не только, где можно задействовать антитела. Также ведем фундаментальные исследования по тематике био-повреждений – устойчивости к ним полимерных материалов и их утилизации, борьбе с фитопатогенами, созданию биопрепаратов и био-добавок, изучению биоразнообразия и др.

Владимир Шипелин,
старший научный сотрудник
Федерального исследовательского центра питания, биотехнологий и безопасности пищи (Москва), кандидат медицинских наук:
– Хочу представить такие направления нашей работы, как нутригеномика, нейронутрициология и нанотоксикология. Нутригеномика – это наука на стыке диетологии и генетики, изучает связь питания человека с характеристиками его генома. Ее цель – раскрытие влияния пищи на поведение генов и здоровье, в отличие от нутригенетики, определяющей, как именно ваши гены отвечают за метаболизм пищи. Нейронутрициология изучает нейрорегуляцию метаболических процессов, опосредованных действием экзонутриентов (всех биологических веществ), которые можно оценить: когнитивную функцию, долгосрочную и краткосрочную память, локомоторную активность и т.д. Это современное направление исследований, в том числе алиментарно-зависимых заболеваний. Сфера интересов нанотоксикологии – взаимодействие наноструктур с биологическими системами: риски, связанные с поступлением в организм наночастиц и наноматериалов, например наноструктурированных пищевых добавок – диоксида кремния E551 и диоксида титана E171, которые применяются в десятках продуктов и лекарств, а также различные виды БАД, в частности с содержанием наночастиц серебра. За более чем 10 лет мы изучили множество популярных наночастиц, которые могут попасть к нам во внутреннюю среду организма с пищей, на предмет безопасности. В их числе углеродные нанотрубки, фуллерены, наночастицы серебра и др. Например,

мы установили, что наноразмерный аморфный диоксид кремния (E551) может негативно влиять на Т-клеточное звено иммунитета даже в низких дозах, делая актуальным вопрос пересмотра его нормативного регулирования. По результатам работы на федеральном уровне в РФ утверждено 50 нормативно-методических документов.

Сергей Максименко,
директор НИИ ядерных проблем БГУ,
доктор физико-математических наук,
член-корреспондент, профессор:

– Институт ядерных проблем БГУ был создан в 1986 г. на базе кафедры ядерной физики. В тот момент перед ним была поставлена задача разработки национальных средств контроля ядерных вооружений в рамках переговоров между СССР и США. Одновременно мы оказались вовлечены в решение проблемы разработки приборной базы радиационного контроля для преодоления последствий чернобыльской аварии. Ядерная физика, физика частиц и высоких энергий остаются среди основных направлений работы института, но их перечень существенно расширился за счет исследований в области физики наноструктур и наноматериалов. Финансирование осуществляется за счет национальных НИОКР и широкого международного сотрудничества с ОИЯИ (Дубна), ЦЕРН (Швейцария), а также в рамках программы ЕС «Горизонт 2020» и др. О значимом месте нашего института в научном потенциале Беларуси в области фундаментальных исследований говорит наивысший в стране показатель индекса Хирша. Например, 14 наших сотрудников – соавторы двух главных публикаций об открытии бозона Хиггса. Разработанные у нас сцинтилляционные материалы использовались в одном из двух ключевых экспериментов по этой теме. В институте создано и развивается новое научное направление – наноэлектромагнетизм, синтезирующее методы классической электродинамики и современной физики твердого тела. В рамках этого подхода решены серьезные научные задачи, опубликована серия высокоцитируемых работ. Реализуется ряд международных проектов, связанных с графеном, углеродными нанотрубками, другими материалами на основе наноразмерных форм углерода. Благодаря их финансированию нам удалось создать и оснастить одну из лучших в Беларуси лабораторий по исследованию наноструктур. Высокие результаты в области

фундаментальных исследований дают необходимую базу для широкого спектра прикладных работ, финансируемых в рамках коммерческих заказов. Почти 80% бюджета института формируется за счет внебюджетных поступлений. Например, от Госатомнадзора мы получили расширенную лицензию на проведение экспертизы организаций на право работать с источниками ионизирующего излучения, а с 2021 г. – и в области ядерной безопасности. В рамках широкой международной кооперации (НИИ ЯП, ФТИ НАН Беларуси, МИФИ, ОИЯИ) мы работаем над созданием сверхпроводящих ниобиевых резонаторов для современной ускорительной техники. В случае успеха эта работа ляжет в основу создания в Беларуси новой высокотехнологичной и наукоемкой отрасли. По заказу компании «Китайско-Белорусский Высокотехнологичный аэрокосмический центр исследований и разработок» (резидент китайско-белорусского индустриального парка «Великий камень») разработана и изготовлена установка синтеза графена и графеноподобных структур. Сотрудничество в данном направлении расширяется. Мы заинтересованы в развитии коллаборационных связей с нашими коллегами из стран СНГ.

Миртемир Курбанов,
заместитель директора по науке
Института ионно-плазменных и лазерных технологий АН Республики Узбекистан,
доктор технических наук, профессор:

– Мы работаем в области физической электроники, фотоники, лазерной физики в прикладном и фундаментальном направлениях. Одна из основных задач – получение технического кремния и разработка технологии от минерального сырья до готового продукта. За последние 7–8 лет в Узбекистане построили три завода по производству кремния и кремниевых сплавов. Кремний плавят давно, но при классических подходах у нас большая проблема с восстановителем – углем, ведь у нас нет лесов. Кроме того, это очень энергоемкий процесс, а отходы производства, которых очень много, не используются. При оптимизации технологии мы сконцентрировались на решении этих проблем. Идея в том, что у нас много кварцевых песков, из них мы изготавливаем брикеты и до 80% восстановителя заменяем природным газом (метаном).

Проведенные промышленные испытания показали, что экономическая эффективность техноло-

гии при производстве кремниевого сплава – ферросилиция составляет 70 тыс. долл./т. Испытания также показали, что по сравнению с традиционной технологией наша позволяет снизить затраты по электроэнергии на 8–10%, углеродистым восстановителям на 80–85% и по кремнеземсодержащему сырью на 25–20% за счет вовлечения кварцевых песков и использования отходов этого же производства. В результате удалось снизить себестоимость получения технического кремния в 1,5–1,7 раза.

Глобальные тренды и новая миссия фундаментальной науки

Лучия Настасюк,
главный специалист отдела
научного управления и международного
сотрудничества АН Молдовы:

– В 2016 г. группа международных экспертов представила оценку системы исследований и инноваций в Республике Молдова, в результате чего были даны 24 подробные рекомендации. Следуя им, правительство наделило полномочиями разработки государственной политики в этой сфере Министерство образования, культуры и исследований, в подчинение которому перешли также 19 институтов Академии наук Молдовы. Постановлением правительства было создано Национальное агентство исследований и разработок и сформирована Национальная программа в области исследований и инноваций на 2020–2023 гг. Ее приоритетами стали здоровье, сельское хозяйство, окружающая среда, социальные вызовы, экономическая конкурентоспособность и инновационные технологии. Академия наук Молдовы выступает стратегическим консультантом правительства в вопросах, касающихся проектов нормативных актов в области исследований, создания инфраструктуры, она составляет прогнозы развития и отчет о состоянии науки, организует национальные и международные научные мероприятия.

В результате проведенной реформы расходы на науку сокращаются. Если в 2019 г. на нее выделялось 0,24% ВВП, то в 2020 г. – 0,23%. Многие ученые покинули институты. Тем не менее ряд проектов финансируется. Мы участвуем в международных программах, есть соглашения с фондами фундаментальных исследований Беларуси и России. Мы интегрированы в международное пространство (Horizon

Europe, ALLEA, EURAXESS), наши научные журналы присутствуют в Scopus и Web of science.

Сергей Гапоненко:

– Последние 5 лет у нас также сокращается доля ВВП, которая выделяется на науку, – с 0,28% до 0,26%. Несколько лет непрерывно снижается количество защит диссертаций и растет средний возраст научных сотрудников. Даже в тех организациях, где он благоприятный, имеется провал около 40 лет – а это как раз тот возраст, когда специалисты выходят на докторские, могут руководить лабораториями. Шесть академических институтов возглавляют сегодня кандидаты наук. Проблема набрать людей в докторантуру и аспирантуру.

Венера Камбурова:

– Есть сложности с тем, чтобы вообще молодых в науку набрать!

Сергей Гапоненко:

– Белорусский республиканский фонд фундаментальных исследований содействует сотрудничеству ученых стран СНГ. У нас имеются двусторонние соглашения практически со всеми странами Союза. В 2021 г. мы заключили его с министерством инновационного развития Республики Узбекистан, а самое первое подписали с Российским фондом фундаментальных исследований еще в 1997 г. В 2016 г. была учреждена Евразийская ассоциация поддержки научных исследований, в которую вошли организации, финансирующие науку в Армении, Беларуси, Вьетнаме, Монголии, Киргизии, России, Узбекистане. За последние 10 лет наибольшее число совместных проектов, реализуемых с помощью нашего фонда, было с Россией – почти 1 тыс., на втором месте – Украина (к сожалению, последние 2 года приостановлены проекты и конкурсы с ней), на 3-м – Армения, затем Молдова, Азербайджан и в меньшей степени – Кыргызстан, Казахстан, Узбекистан.

Сергей Максименко:

– Любое сотрудничество ученых требует определенного финансирования, и, к сожалению, его доля очень мала. Основная проблема в том, что каждая из сторон финансируется отдельно. Например, Беларусь поддерживает свою часть, а Армения – свою. Отсутствие в СНГ единого банка финансирования научных исследований является огромной проблемой.

**Заур Мамедьяров,
завсектором экономики науки и инноваций
Национального исследовательского института
мировой экономики и международных
отношений им. Е.М. Примакова РАН,
кандидат экономических наук:**

– Кризис спровоцировал падение ВВП стран и вслед за этим – сокращение финансирования науки. Но мы видим следующую специфику. В то время как в большинстве отраслей произошло падение затрат на науку и инновации, в двух – информационных технологиях и биотехнологиях – они выросли, причем значительно, до 20%. И эти затраты растут не за счет госассигнований, а за счет средств крупных корпораций, которые увеличивают вложения в исследования и разработки и становятся политическими субъектами в этой области. Мы видим в крупных странах – Китае, США, – что именно мощные информационные компании определяют те исследования, которые ведутся. Кроме того, на фоне кризиса происходит перестроение глобальных цепочек, и это тоже может повлиять на научно-технологическую сферу. Возможна ситуация, что к середине 2020-х гг. в результате этого перестроения сильно изменятся приоритеты государств и корпораций, и будут финансироваться другие технологические направления. Еще один глобальный тренд – стремительный рост роли открытой науки. Много говорится о том, что наука делается в больших структурах, институтах, центрах, но пандемия показала, что доступ к данным, которые анализируют исследователи в других странах и которые можно свободно получить и продолжить с той же точки, – важный момент, и он интенсивно развивается. Что же касается фундаментальной науки, то она в последние 30 лет претерпела кризис не только в странах СНГ, но и по всему миру. В самых богатых государствах, где затраты на исследования и разработки свыше 2% ВВП (в РФ – 1,5%), траты на фундаментальные исследования сильно сокращаются. К тому же есть попытка суверенизации научной деятельности, выстраивания национальных приоритетов, программ поддержки мегасайенс, и в основе всего этого лежит новый подход – наличие определенной миссии. Считается, что все эти фундаментальные мегапроекты должны дать конкретный ощутимый результат, который выведет страну в лидеры. Это и определяет конкурентность фундаментальной науки. ■

Подготовила Юлия ВАСИЛИШИНА