

# НАУКА, «ПЕРЕХОД» В ЦИФРОВУЮ ФОРМУ

Цифровизация и ее эффекты стали маркером глобальных изменений в производстве научных знаний и их распространении, а также новым способом коммуникации ученых. Для прояснения ситуации в сфере цифровой трансформации белорусской науки редакция журнала «Наука и инновации» пригласила ведущих экспертов страны поделиться своим видением развития данного процесса, его возможностями и перспективами.



**Сергей Кругликов,**  
генеральный директор  
Объединенного института  
проблем информатики НАН Беларуси,  
доктор военных наук,  
кандидат технических наук, доцент

– Цифровизация как этап эволюции направлена на автоматизацию и информатизацию экономической деятельности, переход на цифровые технологии, в основе которых лежит не только использование ИКТ для повышения эффективности производства или управления, но также сбор, накопление, анализ и обработка больших данных для прогнозирования, оптимизации процессов и затрат, получения новых знаний. Все это ведет к качественно новому уровню жизнедеятельности общества в целом и модели развития и реализации приоритетных направлений формирования экономики уже как цифровой. Применительно к сфере науки цифровизация – это поиск более совершенных методов и алгоритмов, технических средств и технологических процессов или,

как сейчас принято говорить, бизнес-процессов, направленных на скорейшую цифровую трансформацию, то есть переход на кардинально новый или революционный путь развития.



**Сергей Поддубко,**  
генеральный директор  
Объединенного института  
машиностроения  
НАН Беларуси, кандидат  
технических наук, доцент

– Закономерно, что цифровизация проникла в науку, основная задача которой как раз и состоит в получении объективной информации об объектах и процессах, протекающих в них, создании, систематизации, всестороннем развитии и распространении знаний. Она в значительной степени ускоряет научную деятельность как в части обмена знаниями, так и создания новых благодаря численным методам и средствам исследований, анализу результатов, а также их прикладному применению в различных отраслях экономики.



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

– В области исследований, связанных с изучением биологических процессов, протекающих в живых системах, цифровизация позволила ученым разработать умные приборы и оборудование, которые за счет специализированных программных продуктов и приложений более точно, быстро проводят измерения, автоматически документируют полученные данные, осуществляют их обработку на различных подключенных устройствах, также снабженных ПО. Она открыла широкому кругу пользователей быстрый доступ к результатам научных изысканий, электронным публикациям по различным тематикам и, что немаловажно, минимизировала влияние человеческого фактора. Более того, цифровизация упростила систему участия в различных международных конференциях, съездах, симпозиумах в режиме онлайн. Она дала импульс к прогрессу таких направлений исследований, как биомедицина, биотехнологии, структурная биоинформатика, структурно-обоснованный дизайн лекарственных препаратов, в том числе и противоопухолевых, 3D-биопечать.



**Иван Бордок,**  
ученый секретарь  
Института леса  
НАН Беларуси,  
кандидат сельскохозяйственных наук

– Согласно социологическим данным, более 70% всех исследований в мире содержат либо данные, либо код, либо то и другое. Вот почему цифровизация многократно ускоряет и детализирует ход естественно-научных изысканий. Внедрение электронных вычислительных комплексов дает возможность производить многомерный статистический анализ на всех этапах экспериментальной работы, начиная от сбора информации и заканчивая ее обработкой и описанием

результатов в режиме реального времени. Радиоэлектроника и кибернетика позволили соединить анализ и обработку данных с проведением опытов или наблюдений на принципиально новой основе, когда одновременно исследуется взаимодействие множества различных процессов и количественно обрабатываются его результаты. Благодаря этому ученый не просто систематизирует и анализирует, интерпретирует их, но может оперативно менять ход работы и постановку задач, равно как и типы воздействия на изучаемую систему в зависимости от характера реакций, возникающих непосредственно в процессе эксперимента. К тому же цифровизация в науке – это еще и мобильная связь ученых по всему миру. Наличие научных интернет-порталов, проведение онлайн-конференций обеспечивают открытый доступ к важнейшим достижениям в различных областях науки, включая науку о лесе.



**Дмитрий Груммо,**  
директор Института  
экспериментальной ботаники  
НАН Беларуси,  
кандидат биологических наук

– IT-технологии все чаще применяются для изучения и сохранения биоразнообразия. В частности, стремительно создаются и интерактивно обновляются тематические специализированные базы данных, гербарные коллекции и электронные определители, обрабатываются большие массивы данных полевых исследований для геопространственного анализа, систематизации, классификации растительных сообществ, ведется многофункциональное картографирование с применением средств дистанционного зондирования Земли и ГИС-технологий, развиваются интерактивные web-gis-проекты для мониторинга и контроля над использованием природных ресурсов, привлекая интегрированные социальные сети. Искусственный интеллект проникает в самые разные области ботаники и биологии, он способствует пониманию биологических механизмов, в частности позволяет изучать закономерности формирования биоты без построения эмпирических моделей. Все эти направления в большей или меньшей степени активно развиваются в Институте экспериментальной ботаники НАН Беларуси.



**Борис Панышин,**  
профессор кафедры  
цифровой экономики  
экономического факультета БГУ,  
доктор экономических наук, профессор

– Если говорить упрощенно, то суть цифровизации можно свести к достижению синергетических эффектов от комплексного использования технологического и интеллектуального капитала в различных сферах деятельности. Отсюда – сетевая координация взаимодействий, технологии больших данных, искусственный интеллект на основе нейросетей, позволяющий воспроизвести объективные законы самоорганизации сложных систем, каковыми являются современный социум, экономика и цифровая культура как институт формирования и передачи смыслов, когнитивных и социальных навыков поведения и взаимодействия людей в цифровой среде.

*– Цифровизация ведет к формализации знаний, то есть оцифровывает их, формирует совершенно новую научно-техническую парадигму как для научных изысканий, так и обучения, и взаимодействия. Каково ее влияние на результативность науки?*

**Сергей Поддубко:**

– Благодаря цифровизации создаются более эффективные средства и сервисы работы с информацией, которые дают ученому быстрый доступ к первоисточникам ранее проведенных исследований, результатам самых последних актуальных научных экспериментов. В качестве примера можно назвать оцифровку библиотечных фондов, кстати, один из первых подобных масштабных проектов был выполнен библиотекой Конгресса США в период с 1994 по 2020 г. Все ведущие научные издательства мира сегодня имеют цифровые базы опубликованных изданий. Это позволяет ученым оперативно получать доступ к ним и учитывать их в ходе выполнения и планирования своих работ. С другой стороны, при проведении экспериментов зачастую возникает потребность в обработке больших объемов данных различной структуры, и тут на помощь приходят искусственный интеллект, машинное обучение, прогнозная аналитика. Таким образом, вооружившись современными средствами, даже относительно немногочисленные коллективы могут

оперативно проводить достаточно глубокие исследования, к которым ранее приходилось привлекать целые лаборатории при существенно больших затратах времени и материальных ресурсов.

Особенно значительные изменения наблюдаются в части выполнения прикладных разработок. Это в первую очередь обусловлено экономическими причинами – стремлением производств и компаний к опережающему выводу на рынок инновационной продукции. Данные консалтинговой компании McKinsey говорят о том, что порядка 80% стоимости продукта формируется именно на стадии его разработки. А эксперты консалтинговой группы Deloitte отмечают, что технологии, связанные с выполнением НИОКР, вскоре претерпят значительные изменения и окажут наибольшее влияние на формирование производств будущего. В качестве примера стоит назвать концепцию четвертой промышленной революции Индустрия 4.0, сформированную в Германии и воспринятую в большинстве стран мира. Она предполагает новый подход к производству, основанному на массовом внедрении ИТ в промышленность, масштабную автоматизацию бизнес-процессов и распространение искусственного интеллекта. В концепции охвачены все этапы жизненного цикла изделия, начиная с его первого описания и заканчивая утилизацией, используя разнонаправленные потоки цифровой информации. Это обеспечивает для производителя возможность достаточно эффективно и оперативно выявлять запросы рынка и удовлетворять их с учетом действующих технических, эстетических и других требований, а также экономических и технологических ограничений. Благодаря применению комплекса цифровых программных средств конструирования, моделирования и оптимизации, виртуальных испытаний, технологической подготовки существенно ускоряется выход к прикладным исследованиям, повышается конкурентоспособность и производительность труда, его безопасность.

Теперь на стадии разработки за счет цифровых методов и средств можно анализировать сотни или тысячи вариантов рассматриваемых решений или их комбинаций и выбирать наиболее точно соответствующие исходным требованиям. Все это форсирует появление на рынке действительно инновационных технических продуктов. Яркий пример – развитие автомобильного рынка, электронных устройств и приборов, которые обновляются ежегодно, а то и еще чаще.

### **Сергей Кругликов:**

– По моему мнению, кардинальных изменений, с точки зрения алгоритма проведения фундаментальных исследований, пока нет, но при этом ученые все чаще используют в своей деятельности доступные аппаратные средства, к примеру грид-сети и облачную инфраструктуру, программные сервисы с лицензионным или открытым ПО для поиска релевантной информации, проведения непосредственных расчетов для реального процесса или его моделирования, с тем чтобы оценить эффективность предлагаемых решений и результативность своей деятельности.

### **Дмитрий Груммо:**

– С этим нельзя согласиться, поскольку информационные инновации существенно изменяют парадигму исследований. На примере нашего научного направления видно, что статистический анализ больших массивов полевых описаний, на который раньше уходило до полугода – практически весь камеральный период, сегодня занимает 20–30 мин. Более того, исчезают целые этапы научной работы. Полевые исследования все более активно ведутся с применением электронных шаблонов и хранением результатов наземных исследований в автоматическом режиме на серверах. В этом случае нет необходимости создавать заново электронные базы данных, выезжать еженедельно на объекты – все изменения фиксируются в онлайн-режиме.

При этом цифровизация научных процессов является стимулом для развития как фундаментальных основ ботаники – систематики растений, их классификации, фитоиндикации, так и современных направлений, имеющих сугубо прикладной аспект, в частности мониторинга, прогнозирования состояния природной среды в результате хозяйственной деятельности, контроля природопользования и экологической безопасности.

### **Иван Бордок:**

– Новые технологии предоставляют возможность визуализации данных, ускоряют и упрощают анализ информации и ее интерпретацию, позволяют мгновенно увидеть самое важное. Публикации в режиме онлайн размещаются в научных электронных библиотеках, на базе которых функционирует автоматический подсчет прочтений и индекса цитирований. Так, научные публикации ученых Института леса размещены на информационно-аналитических порталах eLIBRARY, ResearchGate и др.

### **Андрей Гончаров:**

– Цифровизация вносит динамику в фундаментальные исследования, что проявляется в более быстром поиске интересующей научной литературы, в возможности связаться через мессенджеры с исследовательскими группами со всего мира и обсудить интересующие вопросы, организовать и провести совместные исследования, опубликовать их результаты в электронном журнале. Еще хотелось бы отметить, что благодаря развитию цифровизации, интернет-ресурсов, наличию сайтов научных организации, как и бизнес, получили возможность осуществлять продажи своих услуг на территории нашей страны и за ее пределами.

### **Борис Панышин:**

– Обобщая сказанное, следует констатировать рост значимости цифровых платформ для систематизации знаний, важность тщательной верификации и обеспечения их связности для использования фундаментальных знаний в прикладных разработках и создании инновационных продуктов. Ключевую роль играют социальные сети для научных коммуникаций и обмена мнениями. Сокращаются транзакционные издержки по взаимодействию ученых с государством, бизнесом и населением. В этой связи особую актуальность приобретает понимание общественной значимости цифровизации, ценность которой заключается в создании новых инструментов и возможностей для самоорганизации и самореализации людей.

*– Цифровая трансформация позволяет исключить дублирование и избыточность при экспериментальных исследованиях, оптимизировать рабочие процессы, упростить использование данных, повысить эффективность коммуникации, а также преуспеть в области компьютерного моделирования в биологических, физических экспериментах, применяя прогнозное моделирование и искусственный интеллект. Задействован ли потенциал цифровых инструментов и сетевой инфраструктуры в отечественной науке?*

### **Сергей Кругликов:**

– В Национальной академии наук Беларуси создана современная сетевая инфраструктура, имеющая достаточно весомый набор цифровых инструментов и сервисов, который все активнее применяется для проведения экспериментов, научных исследований и опытно-конструкторских работ, и не только

академическими организациями, но и вузовской наукой, и производственным сектором. Таких примеров немало. Наиболее яркий – сетевая высокопроизводительная инфраструктура, созданная в ОИПИ – Республиканский суперкомпьютерный центр коллективного пользования. Он, обладая удаленным доступом к своим вычислительным ресурсам, предоставляет услуги для решения сложнейших прикладных задач в различных отраслях экономики страны. Белорусские суперкомпьютеры семейства «СКИФ», как правило, работают на прикладных предметно-ориентированных программных пакетах, обеспечивающих адекватность проведения моделируемых процессов и параллеливание расчетов при разработке приложений в кластерной среде: ANSYS, LS-DYNA, LSPrepost, OpenFOAM, ParaView, PARALUTION.

Непрерывный рост производительности суперкомпьютерных систем дал толчок развитию одного из перспективных направлений – грид-компьютинга. Это современная технология создания эффективных распределенных гетерогенных сетей, интегрирующих информационные и вычислительные ресурсы. Ее задача – реализация гибкого, защищенного, скоординированного вычислительного пространства для совместного использования потенциалов. В распределенных грид-инфраструктурах задействуются механизмы обеспечения безопасности, в частности аутентификация и авторизация пользователей, обмен сертификатами, соблюдение конфиденциальности и целостности данных, а также аудит и мониторинг ресурсов и их посетителей. Практической реализацией идеи грид-компьютинга стал аппаратно-программный комплекс на базе грид-инфраструктур с суперкомпьютерными, а также Национальная научно-образовательная грид-сеть, оператором которой выступает ОИПИ. Она успешно эксплуатируется в десятках научных и учебных организаций.

#### **Андрей Гончаров:**

– В Институте биофизики и клеточной инженерии НАН Беларуси под руководством доктора биологических наук Валерия Вересова интенсивно развивается структурная биоинформатика и структурно-обоснованный дизайн лекарственных препаратов. Учеными используется операционная система Linux (Ubuntu) и программные пакеты Rosetta, Piper, Galaxy, I-TASSER,

HADDOCK, Prodigy, Glide, Pharmit, ZDOCK, Gold, GROMAX и др., а также базы данных PubChem, Zink, OPM, Memoir для исследований в области моделирования структур белков и их комплексов с белками и низкомолекулярными лигандами.

Научно-исследовательские работы, проводимые институтом, завершаются результатами, содержащими элементы цифровизации. Так, например, при выполнении НИОТР по созданию биотехнологической коллекции культур клеток человека, животных, высших растений, водорослей и цианобактерий одним из результатов исследований стала информационно-поисковая база данных, содержащая сведения об объектах, депонированных в эту коллекцию, разработан интернет-ресурс на ее основе.

Нами создана электронная база данных, содержащая информацию о пациентах, страдающих тяжелыми внебольничными пневмониями, в том числе и интерстициальными, осложненными острым респираторным дистресс-синдромом. Кроме того, клинические испытания, проводимые с использованием биомедицинского клеточного продукта на основе пулированных аллогенных мезенхимальных стволовых клеток были зарегистрированы в международной базе данных clinicaltrials.gov.

#### **Дмитрий Груммо:**

– В Институте экспериментальной ботаники НАН Беларуси создана оригинальная технология применения данных дистанционного зондирования для изучения растительного покрова Беларуси и составлены крупномасштабные карты растительности практически для всех крупнейших природных заповедников нашей страны – национальных парков «Беловежская пуща», «Нарочанский», «Припятский», «Браславский», Березинского биосферного заповедника, а также 30-километровой зоны БелАЭС. Общая площадь охвата геоботанических карт составляет 45,4% территории Беларуси. Эти наработки важны для подготовки научных и технико-экономических обоснований режимов охраны и использования более 40 особо охраняемых природных территорий, включая трансграничные, имеющие международное значение Рамсарские угодья, биосферные резерваты ЮНЕСКО, для оценки воздействия на окружающую среду и мониторинга растительности в 30-километровой зоне вокруг Белорусской АЭС, контроля правонарушений в сфере природопользования и пр.

Институт с 2016 г. ведет масштабный проект «Цифровая карта растительности Беларуси». Итог первого цикла – 2 тематические крупно- (1:25 000) и среднемасштабные (1:500 000) карты северной геоботанической подзоны страны, порядка 42,0% территории, теперь подобные карты создаются для остальной ее части.

На основе данных дистанционного зондирования и алгоритмов искусственного интеллекта разработан опытный образец программно-информационного комплекса, позволяющий осуществлять пространственную идентификацию не используемых в хозяйственном обороте земель и получать практические рекомендации по их вовлечению в хозяйственный оборот. Впервые в Беларуси разработана и внедрена комплексная система управления ресурсами растительного мира района для вовлечения в хозяйственный оборот полезных дикорастущих растений.

Создан интерактивный мультимедийный определитель по диагностике наиболее распространенных болезней в лесном фонде, питомниках и дендропарках.

#### **Сергей Поддубко:**

– Функции по развитию и прикладному применению технологий и методов цифрового проектирования в Объединенном институте машиностроения НАН Беларуси возложены на Республиканский компьютерный центр машиностроительного профиля. Его основная задача – совершенствование процесса разработки, включая передачу передового опыта на предприятия, создание инновационной, конкурентоспособной и импортозамещающей машиностроительной продукции широкого назначения. Компьютерный центр решает ее, используя комплексные подходы в области компьютерных технологий по принципу «одного окна» – начиная от промышленного дизайна, конструирования, компьютерного моделирования и виртуальных испытаний, экспериментальных исследований и заканчивая сопровождением производства разрабатываемого объекта – от мобильной машины в целом до отдельных систем и компонентов.

Однако для успешного прикладного применения компьютерных методов расчетов только наличия программных и вычислительных средств недостаточно. Важную роль здесь играют методики проектирования и моделирования. Они должны содержать необходимое описание основных этапов и действий по разработке расчетной модели, ее состава, включая описание моде-

лей и свойств используемых материалов, способов моделирования определенных конструктивных элементов или соединений, ограничения степеней свободы, приложения начальных условий и действующих нагрузок, используемые допущения и ограничения. При разработке методик и моделей выполняется валидация, которая позволяет количественно сопоставить и оценить величину получаемого результата расчета относительно экспериментального значения, после чего возможно их дальнейшее практическое применение.

Одним из успешных результатов этой работы стала замена натуральных испытаний автобусов по оценке соответствия Правилам ООН №66 виртуальными, которые в обязательном порядке должны проходить все модели, предназначенные для пригородных и международных перевозок. Данный вид натуральных испытаний в республике не проводился, поэтому все транспортные средства, подпадающие под требования этого норматива, испытывались на автополигоне НИЦИАМТ ФГУП «НАМИ» (Российская Федерация) или с привлечением технической службы этого полигона с оплатой услуги в валюте. Нами был выполнен комплекс расчетных и экспериментальных исследований, включающих определение механических свойств материалов и компонентов силовой структуры при статическом и динамическом нагружении и последующую оцифровку этих результатов. Итогом стало создание методики моделирования и получение в 2020 г. аккредитации на проведение виртуальных испытаний силовой структуры пассажирских транспортных средств по требованиям Правил ООН №66. На текущий момент виртуальные испытания прошли 5 моделей автобусов. Каков эффект от этой работы? Прежде всего экономия валютных средств, а также значительное сокращение временных и материальных затрат. Судите сами, стоимость всего процесса натуральных испытаний одного образца составляет порядка 100 тыс. долл. Аналогичный виртуальный вариант стоит на порядок меньше. К тому же этот процесс крайне полезен на начальных стадиях проектирования, когда можно определить наиболее эффективные решения с точки зрения прочности, свойств материалов и, конечно же, минимизации массы создаваемого транспортного средства.

#### **Иван Бордок:**

– В институте создан ряд методов описания фенотипических признаков лесных древесных растений, основанных на компьютерном

анализе их изображений, в том числе количественных характеристик формы, окраски и текстуры, метамерных органов, и на этой базе создан программно-технологический комплекс компьютерной биометрии.

Наиболее удобны для алгоритмического описания двумерные объекты, такие как листовые пластинки, но подходят и трехмерные, например шишки, побеги. Количественное описание ветвей, побеговых структур растений фундаментально важно при проведении дендрологических исследований и решении ряда практических задач. Особенности строения структуры побегов и ветвей зачастую становятся определяющими селекционными признаками.

В нашем институте с помощью генетических методов анализа и программного обеспечения, интернет-ресурсов для биоинформационного анализа исследовано более 100 видов возбудителей и вредителей растений. Полученные данные используются для профилактических и защитных мероприятий в лесном хозяйстве. Наиболее значимые результаты геномных исследований депонированы в международном банке данных Национального центра биотехнологической информации в США за приоритетом Республики Беларусь и в настоящее время находятся в открытом доступе для ученых по всему миру через интернет-портал NCBI.

*– Цифровые технологии в науке меняют производство научных знаний не только по масштабу и скорости, но и по своей природе, бросают вызовы традиционным подходам, привлекают новые заинтересованные стороны. Это новое положение дел формирует среду цифрового взаимодействия субъектов, интегрированных в единое информационное пространство в виде цифровых платформ на основе открытого доступа и научных сетей.*

#### **Сергей Кругликов:**

– Должен сказать, что Академия наук вовлечена в этот процесс. Так, ОИПИ НАН Беларуси – официальный провайдер академсети BASNET, включенной в научно-образовательную европейскую сеть GEANT. Абонентами академсети являются более 200 организаций. Она постоянно развивается и имеет безопасную телекоммуникационную инфраструктуру с центрами обработки данных. На BASNET возложены функции управления событиями сетевой безопасности, федерального доступа к сервисам и ресурсам, обеспе-

чения достоверности данных глобальной маршрутизации, накопления и хранения данных. Имеются подсистемы сетевой интеграции, администрирования и управления доступом и бесперебойного электропитания. Вход в научно-образовательную европейскую сеть GEANT позволяет делать доступными различные научно-образовательные европейские центры и сервисы, тем самым реализуется принцип открытой науки.

#### **Дмитрий Груммо:**

– Полагаю, это важнейший этап построения науки будущего, архитектура которой будет основана не на политико-административных барьерах, а принципах открытости и сотрудничества, кроме, разумеется, вопросов национальной безопасности. При этом значительную роль должна играть гражданская наука, которая формируется на принципах открытости и широкого вовлечения в научные исследования волонтеров, что особенно важно для изучения флоры и растительности Беларуси.

#### **Андрей Гончаров:**

– Научные сети – это интерактивные площадки для представителей научного сообщества с широкими возможностями для обмена мнениями, поиска и создания групп со схожими интересами, размещения своих публикаций и интеграции в научную жизнь научного сообщества, что, безусловно, способствует ее развитию. Наука по своей сути и должна быть открытой, так как любой ученый нацелен на созидание, а цифровизация способствует ускорению данного процесса. Главным риском может быть только профессионализм и компетентность участников сети.

#### **Сергей Поддубко:**

– Развитие научных сетей и открытая наука – это путь к повышению доступности, в том числе для молодых или же начинающих групп ученых, к информации о планировании работ, полному набору промежуточных и итоговых результатов проводимых исследований. При этом возможен вариант, когда известные ученые могут внести свои рекомендации в развитие или выполнение «открытого» проекта.

В части прикладной науки ожидать значительного распространения такой практики, на мой взгляд, не стоит. В этом случае будут нарушены основные принципы ее функционирования. Как правило, серьезные прикладные иссле-

дования, определяющие конкурентное преимущество на рынке того, кто ими владеет, ориентированы на получение инновационного решения конкретной технической или технологической задачи. Поэтому такие изыскания проводятся в условиях сохранения максимальной конфиденциальности, при нарушении которых будут предъявлены значительные штрафные санкции. Другим важным фактором, исключающим открытое проведение исследований, является возможность регистрации авторского права на полученные результаты, что также требует закрытого, негласного проведения разработок.

**Борис Панышин:**

– Открытость науки и социальные сети, безусловно, являются важнейшим фактором сокращения затрат на научные исследования, но при условии качества разработок и высокой культуры доверия в научной среде.

*– В силу глобального характера технологических трансформаций и цифровых технологий особую значимость приобретает цифровой суверенитет науки. Как он обеспечивается в нашей стране?*

**Сергей Кругликов:**

– На данный момент понятия «цифровой суверенитет науки» в чистом виде не существует. Имеющиеся средства для его достижения включают экономические стимулы по разработке отечественных технологий, а также внедрение технических функций, позволяющих обеспечить эффективное шифрование и защиту данных. Подавляющее большинство мер, направленных на индивидуальное самоопределение ученых в цифровой среде, касается повышения их медийной и цифровой грамотности. На законодательном уровне введен в действие Указ Президента Республики Беларусь «Об органе государственного регулирования в сфере цифрового развития и вопросах информатизации» от 07.04.2022 г. №136, подготовлен и находится в Совете Министров Республики Беларусь проект Указа «О цифровом развитии», в которых определены направления обеспечения цифрового суверенитета.

Беларусь – одна из немногих стран, обладающая конкурентоспособными интеллектуальными технологиями и решениями, и при их масштабном внедрении и экспорте потенциально можно создать свой цифровой кластер в области развития интеллектуальных систем.

**Иван Бордок:**

– Наука неотделима от других сфер хозяйственной деятельности человека. Поэтому и цифровой суверенитет должен обеспечиваться в той же мере, в какой он осуществляется в других областях производственной жизни. Надо иметь в виду, что если сейчас белорусским ученым доступны определенные платформы и программное обеспечение, то нет уверенности, что так будет и дальше. Можно предположить, что тренд сокрытия значимых результатов исследований от конкурентов будет только нарастать. К примеру, в США федеральный Офис по науке и технологиям требует от ученых тщательно следить за неразглашением информации об исследованиях. И потому уже сейчас необходимо задуматься о национальной цифровой платформе для коммуникации, управления проектами и компьютерных вычислений.

**Борис Панышин:**

– Цифровой суверенитет науки, как и любой другой сферы общественно значимой деятельности, обеспечивается и реализуется государством. Исходя из этого государственная политика в сфере цифровизации науки, как и прежде, должна быть направлена на укрепление авторитета ученых и на формирование приоритетов и стимулов для создания ими качественно нового и истинно научного продукта и предоставления его в цифровом виде, вне зависимости от рыночной конъюнктуры и политических пристрастий.

*– Совершенно очевидно, что процессы цифровой трансформации неизбежно ведут к изменению научной практики, научных процедур, которые будут легко воспроизводиться, результаты – строго документироваться, а данные – мгновенно распространяться среди научного сообщества, расширяя горизонты сотрудничества между глобальными исследовательскими группами, стимулируя открытость в науке. Это значит, что мы стоим на пороге формирования науки будущего. Какой она видится?*

**Сергей Поддубко:**

– Стоит предположить, что наука будущего, во-первых, будет развиваться как по численности занятых в ней, так и по разнообразию направлений. Будут проводиться новые исследования, находящиеся на стыке различных наук, что потребует умения и средств для объединения совершенно разных команд исследователей в единые эффективные коллективы.



Следует ожидать активного развития имеющихся и появления новых высокопроизводительных средств численного моделирования процессов, что существенно повысит уровень сложности проводимых исследований. Нас ждет еще более глубокая интеграция физического и информационного пространства. Распространение продвинутых киберфизических систем, например, обязательно позволит как реализовать технологию беспилотных автомобилей высшего уровня, так и сформировать единую интеллектуальную, умную среду их функционирования – с учетом взаимодействия с другими видами транспорта и, конечно же, пешеходами. В комплексе же развитие научного прогресса приведет к качественному изменению жизни человека, расширению его персональных возможностей для творчества и самореализации.

### **Андрей Гончаров:**

– Наука будущего уже невозможна без цифровизации. Но, несмотря на ее стремительное развитие, главную роль по-прежнему будет играть исследователь. Именно он – действующее лицо всех процессов познания: от планирования эксперимента до интерпретации результатов. Это та сфера деятельности, где, я думаю, роботы в полной мере не заменят человека, но цифровизация способствует более стремительному развитию научного процесса.

### **Борис Панышин:**

– Думаю, что будущее за коллективной работой ученых из разных отраслей и различных стран над созданием условий, моделей и инструментов для самоорганизации и самореализации людей и формирования доверия в обществе.

### **Сергей Кругликов:**

– Наука всегда направлена на будущее. Каждый день приносит все новые и новые теоретические и практические результаты. При этом наука завтрашнего дня формируется сегодня как академиком, так и молодыми учеными, студентами, школьниками. Поэтому она зависит от грамотно построенной, гибкой и адаптивной к резким вызовам системы образования всех уровней. Убежден, наука будущего – это не только цифровизация и интеллектуализация всего и всех, но развитие всех направлений – от гуманитарного профиля до сверхкосмических технологий. Только гармоничное общество может уверенно идти вперед и быть по-настоящему независимым.

### **Дмитрий Груммо:**

– Наука видится открытой с максимальным применением ИКТ. Вместе с тем хочу заметить, что, безусловно, техническое совершенство – важная вещь, особенно в современной биологии, ведь это направление – во многом результат совершенствования программных средств и достижений математики. Но это, прежде всего, инструментарий. Задача ученых-биологов – не превратиться в оператора ЭВМ, а развивать новые направления исследований, базирующиеся на понимании фундаментальных основ биологии.

### **Иван Бордок:**

– Наука будущего должна быть наукой открытой, поощряющей взаимодействие ученых по всему миру посредством научных сетей, обмена опытом и знаниями. Единение ученых необходимо не только для решения фундаментальных и прикладных задач в народном хозяйстве, но и, к примеру, для ликвидации и прогнозирования экологических проблем, которые возникают в разных странах, на разных континентах. Однако, к сожалению, реалии указывают на необходимость соблюдать разумный баланс между открытостью и осмотрительностью в вопросах коллаборации с учеными из других стран. Поэтому создаваемые на национальном уровне платформы и программные решения должны иметь возможность полноценно работать как в автономном режиме, так и в режиме интеграции с похожими продуктами других государств.

Считаю правильным, если редакция журнала «Наука и инновации» продолжит полемику по данной проблематике. Уверен, польза будет несомненная.

Сложно предсказать, как поступательное внедрение интеллектуальных технологий будет и дальше влиять на производство научного знания, но совершенно очевидно, что наука продолжит играть свою доминирующую роль в этом развитии, а ученые будут адаптировать свою практику за счет интеграции интерфейсов, цифровых платформ и инновационных технологий. Наука – ключевое звено, которое, претерпевая цифровую трансформацию, обязано давать ориентиры и прорисовывать контуры будущего, находить инструменты, способные поддерживать баланс между устойчивостью и адаптивностью социально-политической системы, экономики и системы общественных отношений. ■

Жанна КОМАРОВА