

ДОСТИЖЕНИЯ И ТRENДЫ ЦИФРОВОЙ ТРАНСФОРМАЦИИ В НАУЧНО-ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ И ТЕХНИЧЕСКОЙ СФЕРАХ

ACHIEVEMENTS AND TRENDS OF DIGITAL TRANSFORMATION IN THE SCIENTIFIC, EDUCATIONAL AND TECHNICAL SPHERE

Сергей Вадимович Анахов

кандидат физико-математических наук, доцент
sergej.anahov@rsvpu.ru
ФГАОУ ВО «Российский государственный
профессионально-педагогический
университет», Екатеринбург, Россия

Sergey Vadimovich Anakhov

Russian State Vocational Pedagogical
University, Yekaterinburg, Russia

***Аннотация.** Представлен обзор современных цифровых технологий в научно-образовательной и технической сферах.*

Описаны тенденции последних лет, показаны результаты и перспективы их развития. Отдельное внимание уделено системам искусственного интеллекта и нейросетевым технологиям. Обозначены имеющиеся в настоящее время проблемы создания и совершенствования в России цифровых технологий, сказывающиеся на эффективности их использования в современной научно-образовательной среде.

***Ключевые слова:** информационные технологии, цифровая сфера, массовые открытые онлайн-курсы, образовательная среда, научно-технический прогресс, искусственный интеллект, нейросетевые технологии, инновации.*

***Abstract.** The article presents an overview of the digital technologies development in the scientific and educational sphere over the past few years. The trends of recent are described, the results and prospects of their development in the scientific, technical and educational spheres are shown. Special attention is paid to the artificial intelligence systems and neural network technologies. The current Russian problems in the field of digital technologies, affecting the effectiveness of their use in the modern scientific and educational environment, are outlined.*

***Keywords:** information technologies, digital sphere, mass open online courses, educational environment, scientific and technological progress, artificial intelligence, neural network technologies, innovations.*

Почти 50 лет назад писатель-фантаст Артур Кларк сформулировал свои знаменитые законы, последний из них гласит, что любая достаточно развитая технология неотличима от магии [1]. Переданное неповторимым образом волшебство технологий в поставленном

Стэнли Кубриком (в сценарном соавторстве с А. Кларком) фильме 1968 г. «Космическая Одиссея-2001» и в настоящую пору служит гимном научно-техническим достижениям человеческого разума. Разумеется, за полвека одни технологии превзошли научно-технические прогнозы, а другие – их еще не достигли, однако последние годы стали тем периодом, когда «волшебство» технологического развития из мира кинематографических иллюзий стало входить в нашу повседневную жизнь. В опубликованном в 2021 г. обзоре таких технологий автором уже была сделана попытка составить «палитру» современных достижений научно-технического прогресса [2]. Эта задача, с одной стороны, была нацелена на освещение сферы информационных технологий, а с другой – коснулась почти всех направлений научно-технического прорыва, поскольку без применения цифрового инструментария сейчас невозможно сделать практически ни одного шага в области создания новой реальности и исследования пределов невозможного («Единственный способ обнаружения пределов возможного состоит в том, чтобы отважиться сделать шаг в невозможное» — второй закон А. Кларка [1]). В настоящей статье автор хочет внести некоторые дополнительные уточнения и добавить новые штрихи к «картине» научных достижений с учетом тех трендов, которые оказались, на его взгляд (сформированный на основе анализа большого числа аналитических материалов), наиболее яркими и значимыми за прошедшее время.

Сфера информационно-коммуникационных технологий (ИКТ) — наиболее стремительно развивающийся сегмент мировой экономики, его суммарный потребительский объем уже давно перевалил за несколько трлн. долл. Как показывают данные, представленные на рис. 1, после небольшого спада мирового ИКТ-рынка в 2020 г. последующие два года и перспективы на 2023 г. характеризуются стабильным ростом всех его составляющих, среди которых наиболее быстро развиваются именно технологии: наряду с затратами на оборудование и телекоммуникации (Телеком) они составляют порядка 70 % объема данного рынка. Традиционно мы видим менее быстрый подъем в сегменте программного обеспечения (ПО), развитие которого, как известно, является триггером бурного роста всех остальных компонент информационного рынка, включая сферу соответствующих услуг [3]. (Примеч. ред.: рисунки приводятся в авторской редакции.)

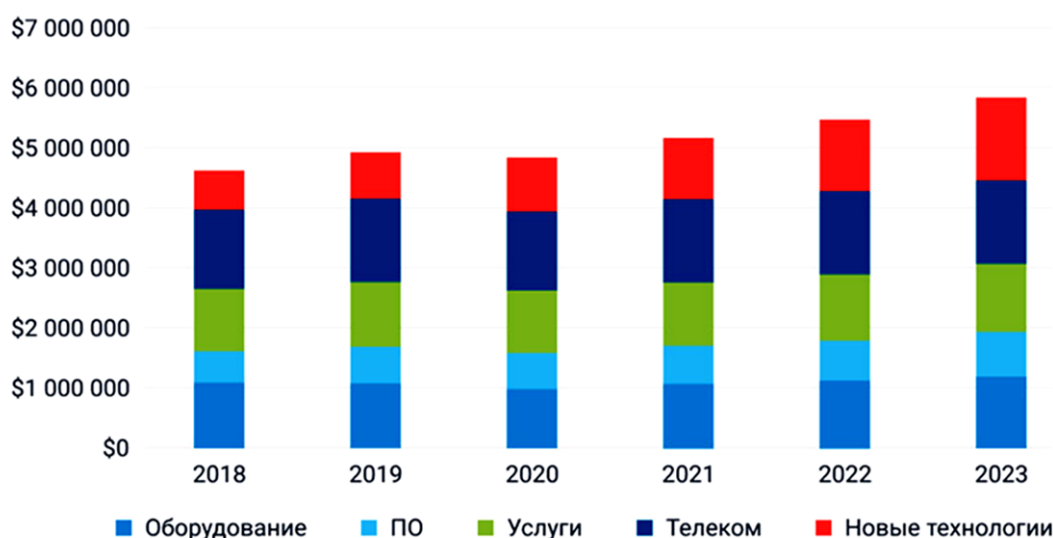


Рис. 1. Мировые расходы на информационно-коммуникационные технологии, млн долл.

Появление инновационных технологий и формирование соответствующих им сфер научных исследований всегда сопровождается возникновением новых терминов, пополнением понятийного аппарата, понимание которого является необходимой компетенцией на пути освоения знаний. К таким терминам можно отнести, например, «подрывные инновации» (англ. *disruptive innovation*) — инновации, которые изменяют соотношение ценностей на рынке (модель подрывных инноваций — теория, предложенная Клейтоном Кристенсенем в 1997 г.). Разумеется, список таких инноваций у разных исследователей может быть различным, однако базовый перечень практически одинаков. В частности, идентифицированный Организацией НАТО по вопросам науки и технологий (*STO*) список прорывных (дизруптивных) технологий на период до 2040 г. включает искусственный интеллект (ИИ), большие данные, автономность, биосенсорику и квантовые технологии. Как видно, на первом месте значится технология искусственного интеллекта (*Artificial Intelligence — AI*), бурное развитие которой, как отмечалось автором в предыдущем обзоре [2], помимо появления громадного количества терминов, описывающих принципы и особенности работы, сферы и задачи применения и т. д., стало давать значимые научно-технологические результаты. Неслучайно в связи с этим появление в 2021 г. на платформе *Gartner* отдельной, специфичной для технологий ИИ, кривой развития технологических инноваций (рис. 2) [4].

Hype Cycle for Artificial Intelligence, 2021



Рис. 2. Кривая развития технологических инноваций в области искусственного интеллекта — 2021 г.

Анализ циклов совершенствования ИИ показывает, что данная технология приобретает фактически всеобъемлющий характер, затрагивающий как конкретные устройства ее внедрения (беспилотные автомобили, умные роботы, системы компьютерного зрения), так и разнообразные сферы применения — машинное и глубокое обучение, нейросети, языковые трансформеры и чат-боты, семантический поиск и обработка естественного языка, оркестровка и автоматизация платформ, облачные сервисы, цифровая этика и т. д.

Появляется и соответствующая терминология в сфере технологий искусственного интеллекта. К новым видам ИИ можно отнести, например, *HC AI – Human-Centered AI* (человеко-ориентированный искусственный интеллект), расширяющий возможности технологии, сконцентрированный на ее человеческих аспектах. Фактически *HC AI* — это набор процессов для разработки приложений, надежных, безопасных, заслуживающих доверия и эффективно удовлетворяющих потребности людей [5]. Еще один интересный термин — *Physics-Informed* или *Physics-Inspired AI* (физически информированный или основанный на законах физики искусственный интеллект), используемый, как правило, в нейросетях, связанный с применением универсальных аппроксиматоров функций, которые могут встраивать в процесс обучения знания о любых физических законах, управляющих конкретным набором данных. Разумеется, пока рано говорить как о долгих перспективах существования упомянутых терминов, названия которых трансформируются почти каждый год, так и о внедрении всех упомянутых устройств и сфер применения ИИ в повседневную практику: на плато продуктивности представленной на рис. 2 кривой пока пусто, но сроки выхода на него составляют от 2 до 10 лет, что подтверждает возможность наступления эры высококвалифицированного ИИ (*Multi-Skilled AI*), многие аспекты которой (управляемость, эмоциональность, господство искусственного интеллекта и т. д.) вызывают уже в настоящее время бурные споры среди специалистов и футурологов.

Рассматривая более дальнюю перспективу (5–10 лет), аналитики *Gartner* предсказывают внедрение 12 проявивших себя в 2021–2022 гг. стратегических технологических трендов, которые изменят будущее и откроют новые возможности на IT-рынке [6]. Среди них есть те, которые уже отмечались специалистами и были ранее упомянуты автором — вычисления, укрепляющие конфиденциальность (*Privacy-Enhancing Computation, PEC*), облачные платформы (*Cloud-Native Platforms*), автономные системы (*Autonomic Systems*), генеративный искусственный интеллект (*Generative Artificial Intelligence*) и т. д. [2]. Более пристальный интерес представляют технологии, впервые упомянутые в списке: пришедший на смену мультиопыту (*Multiexperience*) совокупный опыт (*Total Experience*), который должен связать воедино опыт клиентов, сотрудников и пользователей с мультимедийной средой, и составные приложения (*Composable Applications*), основанные на применении технологической архитектуры, поддерживающей быструю, безопасную и эффективную для бизнеса адаптацию информационных платформ и приложений. Заслуживает внимания в контексте развития сферы ИИ и появление в данном списке таких технологий, как интеллект в принятии решений (*Decision Intelligence*), предназначенный для системного процесса оценки результатов, их управления и улучшения с помощью обратной связи, и разработка систем искусственного интеллекта (*AI Engineering*), являющаяся фактически комплексным подходом к реализации моделей ИИ. На наш взгляд, упомянутые новые тренды, несмотря на несколько обобщенное описание специфических целей и задач, могут послужить толчком к развитию и всех остальных технологических инноваций и иных сегментов ИКТ-рынка, включая и сферу соответствующих услуг.

Среди других аналитических обзоров автор традиционно отдает предпочтение мнению Массачусетского технологического института (MIT), представившего 10 прорывных технологий 2021 г. [7]. На первом месте в данном списке ожидаемо стоит создание мессен-

джера РНК (мРНК) и матричных вакцин против COVID-19 на его основе (*Moderna, Pfizer* и др.) с эффективностью порядка 95 %. мРНК представляет собой короткоживущую молекулу, направленно передающую копии (коды) генов в клетки людей для производства белков. В случае с антиковидными вакцинами код гена заимствуется из самого коронавируса, но его воздействие не приводит к заболеванию, а вызывает сильный и высокоэффективный иммунный ответ. Аналитики предсказывают, что широкое развитие данной технологии может предложить новый подход к созданию лекарств, лучших вакцин против гриппа, герпеса и малярии, позволит в будущем «исправить» гены рака, серповидно-клеточных заболеваний и, возможно, даже ВИЧ. Очевидно, что реализация технологии РНК-мессенджера основана на масштабном применении цифровых платформ, составляющих основу современных методов генной инженерии.

В списке отмеченных МПТ технологий обратим внимание на бурное развитие нейросетей-алгоритмов распознавания текста на базе NLP (*Natural language processing* — обработка естественного языка), среди которых принято выделять разработанную *OpenAI GPT-3 (Generative Pre-trained Transformer* — генеративный предварительно обученный трансформер). Данная технология основана на архитектуре «трансформер» (как и созданные ранее и сейчас широко применяемые *GPT-1* и *GPT-2*), которая предсказывает следующее слово, ориентируясь на предыдущие. *GPT-3* отличается от предшественников объемом используемых для обучения нейросети датасетов (600 Гб) и количеством параметров (175 млрд), включающих Википедию, литературу, материалы СМИ и *GitHub*, путеводители, рецепты и т. д. Русскоязычная версия модели – *ruGPT-3 Large* («Сбер») – по результатам ряда известных тестов показывает наибольшую эффективность среди других подобных технологий.

Следует, однако, заметить, что помимо *GPT-3* есть и другие аналогичные технологии. Например, в Китае создана нейросеть в 10 раз мощнее, она также способна писать эссе и стихи, генерировать изображения на основе описаний и предсказывать структуру белков. Опережает *GPT-3* и нейросеть MT-NLG (530 млрд параметров), созданная в Оксфорде на базе языковой модели *Megatron-Turing NLG*, отличающаяся способностью выстраивать рассуждения на естественном языке (рис. 3) [8]. Существенное расширение объема информации, используемой для предварительного обучения NLP-моделей, позволяет помимо традиционных сфер применения подобных технологий (языковые помощники и чат-боты) превратить их в мощный инструмент для развития и изучения ИИ, генерации и аналитики информационного контекста, что, как справедливо отмечают отдельные исследователи, зачастую имеет и негативные стороны, связанные с отсутствием морально-этических фильтров при обработке данных. Следует также обратить внимание на необходимость использования суперкомпьютеров для предварительного обучения и работы таких сетей (*ruGPT-3 Large* обучалась на суперкомпьютере «Кристофари»), что наряду с повышением эффективности технологий вызывает и некоторые экологические проблемы.

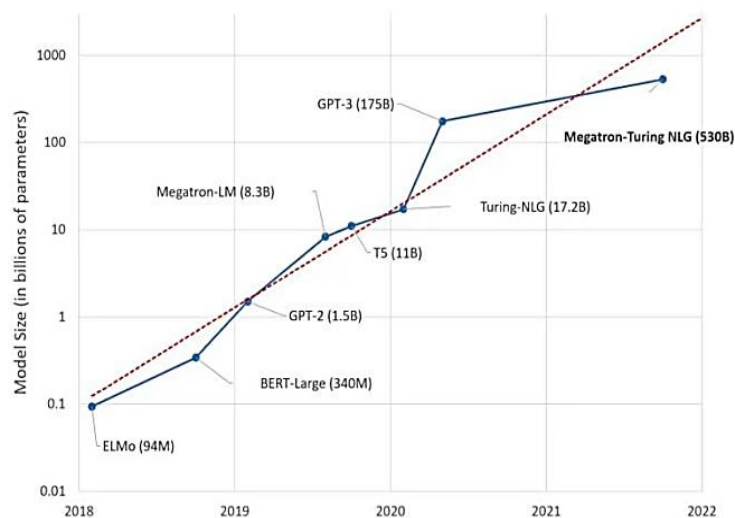


Рис. 3. Объем информации для обучения современных NLP-моделей

В рейтинге выделенных МИТ достижений нельзя не отметить во многом связанное с ростом GPT-технологий бурное развитие алгоритмов рекомендаций (*Recommendation Algorithms*) в соцсетях, среди которых одним из лидеров является имеющая достаточно спорную репутацию *TikTok*. Аналитики обращают внимание на эффективность ее страницы «рекомендаций», что, по их мнению, отличает приложение от других платформ социальных сетей: с помощью алгоритмов, пользователям предлагается большое количество адаптированных к их вкусам видео. При этом *TikTok* смешивает вирусные, «продвинутые» хиты с новинками от неизвестных создателей (некоторые имеют всего несколько просмотров), добиваясь тем самым высокой точности попадания в интересующий конкретного пользователя контекст.

Отметим в списке цифровых технологий МИТ и уже упомянутый выше *Multi-Skilled AI*, позволяющий имитировать свойственные человеку процессы обучения путем объединения алгоритмов компьютерного зрения и распознавания звука с моделями естественного языка с целью их описания. В сентябре 2021 г. исследователи из *Allen Institute for Artificial Intelligence (AI2)* создали модель, генерирующую изображение из текстовой подписи, а в ноябре ученые из Университета Северной Каролины разработали метод, дополняющий существующие языковые модели визуальной информацией, что улучшило процесс понимания при чтении. Дальнейшее развитие таких технологий (например, использование тактильных возможностей и т. д.) может помочь сделать процесс обучения нейросетей максимально близким к процессу познания окружающего мира человеком, а также создать устройства на базе ИИ, отличающиеся максимальной эффективностью и безопасностью.

На взгляд автора, заслуживают интереса и упоминания и остальные технологии из рейтинга МИТ:

- Hyper-Accurate Positioning (сверхточные системы определения геолокации);
- *Remote Everything* (онлайн-обучение, дистанционное медицинское обслуживание и т. д.);
- *Digital Contact Tracing* (цифровое отслеживание контактов);
- литий-металлические батареи;

- *Data Trusts* (трасты данных).

Следует заметить, что фактически все упомянутые в данном списке технологические достижения имеют отношение к ИКТ-сфере, их реализация и получение впечатляющих результатов (например, точность позиционирования уже превышает реальные потребности большинства пользователей) невозможны без программной обработки цифровых сигналов, использования высокоэффективных источников энергии, технологий формата *BigData* и разработки масштабных информационных платформ. Подобный вывод можно сделать и в отношении представленного на рис. 4 перечня научных достижений, составленного автором на базе квалифицированных аналитических обзоров [8, 9, 10, 11].



Рис. 4. Важнейшие научные достижения 2021 г.

В представленном списке можно увидеть как уже отмеченные ранее достижения, которые в 2021 г. получили дальнейшее развитие (3D-моделирование белков, применение технологии *CRISPR-Cas9* в медицинских целях для редактирования генома амилоидоза и создания гибридного эмбриона макаки и человека, появление возможностей для размножения ксеноботов-нанороботов из стволовых клеток и развитие систем 5G и WiFi 6, разработка устройств 3D-печати, реализация новых перспектив, вплоть до создания человеческих органов, в сфере аддитивных технологий), так и ряд прорывов, практическое воплощение которых будет способствовать повышению эффективности на широком поле научно-технических свершений. Среди последних отметим достижения в области физики: Нобелевскую премию, фактически присужденную за результаты компьютерного моделирования климатических процессов, впервые полученные результаты в сфере термоядерного синтеза (США (Ливермор) и Китай) с превышающим единицу коэффициента полезного действия реакции и максимальными параметрами процесса (на уровне требуемого для осуществления реакции критерия Лоусона), а также космические исследования Солнечной короны зон-

дом Паркер и поверхности Марса (3 миссии в 2021 г. — *Perseverance* (NASA), арабская *Hope Probe* и китайская *Tianwen-1*). На первый взгляд, не все они имеют прямое отношение к сфере информационных технологий, однако открывшаяся перспектива создания термоядерных реакторов — итоги решения сложнейших задач физики плазмы методами численного моделирования, а получение снимков марсианской поверхности в формате 4К — результат реализации сложных телекоммуникационных технологий по управлению космическими аппаратами и передаче больших массивов информации на сверхдальние расстояния. Очевидно, что и исследования солнечной магнитосферы зондом Паркер играют важную роль в бесперебойной работе земных систем спутниковой связи и GPS.

К значительным научно-техническим достижениям в сфере ИИ необходимо отнести также развитие нейроинтерфейсов и создание антропоморфных роботов. Новой ступенью начатого Илоном Маском проекта *Neuralink* стали имплантация чипа в мозг обезьяны и появление у нее после ряда обучающих тренировок геймерских способностей. Другим шагом в данном направлении можно назвать создание управляемой «мозговой» бионической руки с возможностями осязания за счет внедрения имплантов в двигательную и осязательную зоны мозговой коры парализованного человека. Помимо открывающихся медицинских и образовательных перспектив данных технологий, следует отметить все более расширяющиеся возможности сопряжения внешних («цифровых») нейросетей с нейросетями человеческого мозга, приближающие «эру» понимания его структуры и функций, а значит и сознания. Ряд подобных практических результатов можно увидеть на примерах современных роботов *Boston Dynamics*. Искусственный интеллект, большой двигательный потенциал, способность принимать решения, зачастую превышающие человеческие резервы, антропоморфный облик, умение «выражать эмоции» — все это отличает человекоподобного робота *Ameca*. По всей видимости, технические и функциональные возможности знаменитого суперкомпьютера ХЭЛ из упомянутой ранее «Космической одиссеи-2001» мы уже превзошли и остается только надеяться, что в будущем нам удастся справиться и с обозначенной там же проблемой появления «самосознающего» ИИ [12].

Разумеется, говоря о прорывных научных достижениях и технологических трендах, следует учитывать и вероятность появления на определенном этапе развития технологий конфликтных ситуаций (об этом свидетельствует и кривая Гартнера — см. рис. 2). Например, широкое распространение и внедрение сетей 5G и Wi-Fi 6 в ближайшие три года могут ускорить интернет-соединения для мобильных устройств до 2 Гб/с, что позволит передавать потоковое видео в формате 8K, сделать его более стабильным и широкополосным (больше подключений к одной точке), самостоятельно распределять интернет-трафик между устройствами, создавать новые сервисы, мобильные приложения, удаленные и беспроводные офисы, развивать *IoT* (Интернет вещей) и т. д. Вместе с тем подобные перспективы уже сегодня порождают фобии у потребителей в отношении их безопасности, вызывают у госструктур вопросы, касающиеся регулирования цифровых инноваций, заставляют разработчиков искать новые источники их энергетического и технологического обеспечения. Например, развитие известного проекта *Starlink* (к концу 2001 г. на орбиту над США и Южной Америкой выведено уже около 2000 спутников), помимо гарантии повсеместного доступа и более высокой скорости передачи сигнала, обуславливает появление проблем, связанных со стоимо-

стью подключения, нехваткой (на данный момент) пропускной способности системы, объемом и источником инвестиционных затрат, существованием космического мусора и др. [13]. По всей видимости, решение подобных проблем должно осуществляться во всемирном масштабе, а не в процессе саморегуляции технологических рынков.

Говоря о достижениях последних лет, следует с учетом скорости распространения современных цифровых инноваций ожидать в ближайшие годы глобальных объемов их внедрения. Как правило, упомянутые научно-технические прорывы в последнее время реализуются либо в рамках международных коллабораций (например, открытие бозона Хиггса в ЦЕРНе, большинство космических проектов), либо в результате работы международных коллективов исследователей и разработчиков в технологически развитых корпорациях и научных институтах. Вместе с тем ухудшение состояния российской экономики и санкционные ограничения по отношению к Российской Федерации в 2022 г. ставят во главу угла вопросы, связанные с наличием как базы фундаментальных достижений в сфере информационных технологий, так и перспектив развития таких технологий в условиях ограниченных финансовых, кадровых и технологических ресурсов. Следует заметить, что в РФ имеется неплохой задел в области технологий 5-го и 6-го технологико-экономических укладов, о чем автор упоминал в предыдущем обзоре [2]. Немало значимых научно-технических результатов было достигнуто и в 2021 г. [14, 15, 16]. Применительно к сфере настоящего исследования автор выделяет следующие открытия:

- создание российских вакцин против COVID-19;
- развитие систем беспилотной доставки (Яндекс, Почта России, *Wildberries*, спасательный беспилотник *Seadrone*, научно-исследовательское судно «Пионер-М» с технологией безэкипажного судовождения и др.);
- создание первой отечественной материнской платы (группа *Philax*), поддерживающей *CPU Ryzen* вплоть до поколения 5000 (чипсет *AMD B450*);
- разработка цифрового двойника для морского газотурбинного двигателя (СПБГТУ) и комплексного цифрового двойника учебного ядерного реактора (МИФИ);
- инновации в квантовой сфере: демонстрация возможности эффективного взаимодействия фотонов с использованием цепочки сверхпроводящих кубитов (МИСиС, Физтех и Российский квантовый центр) и квантово-электродинамического эффекта для повышения коэффициента полезного действия фотоэлектрического преобразования (МИФИ), обновление мирового рекорда в эффективности систем квантовой криптографии (новый алгоритм коррекции ошибок), создание первой в России сети защищенной квантовой телефонии (Центр квантовых технологий МГУ) и межвузовской квантовой сети (в корпусах МИСиС и МТУСИ);
- описание эффекта записи информации в кремниевом кольцевом микрорезонаторе ($\varnothing 0,2$ мм) с помощью импульсов света разной интенсивности с целью создания быстродействующих оптических запоминающих устройств для компьютеров будущего (Санкт-Петербург);
- разработка и внедрение *GPT (NLP)* языковых платформ (*ruGPT-3 Large* и др.) и т. д.

Разумеется, возникшее в 2022 г. состояние неопределенности в условиях международных санкций к России в различных, в том числе информационно-технологических, сегментах, усугубленное широким спектром ограничений со стороны российских государственных структур, сокращение финансирования научных программ и другие негативные факторы (включая, например, всемирный кризис на рынке полупроводников и электронных компонент) [17] вызывают серьезные вопросы о перспективах и возможностях страны следовать в фарватере перечисленных в данной статье международных трендов цифровой трансформации. Остается надеяться, что будут найдены политические и экономические решения, которые позволят российским ученым и специалистам информационной сферы поддерживать высокий уровень отечественных научно-технических новинок. Как показывают результаты опроса, в нашей стране есть понимание современных трендов Индустрии 4.0 (направлений Национальной технологической инициативы — НТИ), а их рейтинг фактически идентичен тем приоритетам, которые автор обозначил [18].

Важное значение при подведении итогов развития цифровых технологий имеет и анализ ситуации в образовательной сфере, поскольку именно она формирует кадровый и научно-технический потенциал, необходимый для достижения тех фантастических перспектив, которые нам сулят вышеперечисленные тренды. Отметив общемировое влияние пандемии на образовательные системы, сосредоточим более пристальное внимание на некоторых результатах и тенденциях, характерных для Российской Федерации. К перечисленным в годичной давности аналитическом обзоре [2] образовательным трендам добавим следующие:

- освоение и развитие массовых онлайн-курсов, онлайн-семинаров, сетевых образовательных программ;
- изменение традиционных и появление новых форматов обучения (аудиторные/дистантные/гибридные и т. д.);
- формирование 3 главных трендов в сфере *EdTech* (искусственный интеллект, *soft skills*, голосовые цифровые технологии);
- персонализация дистанционных форм обучения (онлайн-менторство (тьюторство) и т. д.);
- внедрение *GPT*-форм (*NLP*) обучения (например, использование цифрового помощника «Алиса» в логопедии и др.);
- развитие технологий работы с данными в образовательных системах;
- создание и развитие образовательных стартапов сферы *EdTech* (*SkyEng*, ЯндексПрактикум, *Stepic* и др.);
- обсуждение подходов к *E-learning* (в чем приоритет электронного образования — в бизнес-результатах или полноценных возможностях, трансформации жизни?).

Не вдаваясь в подробный анализ каждого упомянутого фактора и тренда, отметим только стремительное развитие крупнейших российских компаний в сфере онлайн-образования [19]. Рост объемов услуг у большинства отечественных лидеров в данной сфере в 2021 г. по отношению к 2020 г. составил от 50 % (ЯндексПрактикум) до 400 % (Like Центр) при выручке от 100 млн до 1 млрд р. (у 10 ведущих компаний), что, очевидно, свидетельствует не только о появлении и внедрении новых образовательных технологий, но

и о формировании полноценного и востребованного рыночного сегмента соответствующих услуг.

Подводя итоги, автор хотел бы еще раз подчеркнуть фрагментарность и ограниченность представленного обзора с точки зрения заслуживающих упоминания многочисленных практических результатов и научных достижений последних лет [20]. Вместе с тем аналитический анализ большого массива подобной информации позволяет увидеть те направления и тренды, которые не только задают новые ориентиры ученым и разработчикам технологий, но и влияют на научно-образовательный процесс, формируют государственную политику в финансовой, кадровой, образовательной и научно-технической сферах, создают платформу для общественных дискуссий и обсуждений. Среди упомянутых в данной статье к наиболее значимым трендам следует, по всей видимости, отнести развитие систем ИИ и нейросетевых технологий. Появившееся в 50-х гг. XX в. понятие «искусственный интеллект» трансформировалась к концу 1960-х гг. в поразительные образы «Космической одиссеи-2001» (консультантом фильма, как известно, выступил один из создателей теории ИИ и сооснователь лаборатории в МТИ Марвин Ли Минский). Полвека спустя в наших руках оказался полноценный инструмент, перспективы внедрения которого рисуют перед нами фантастические картины [21, 22]. Будем надеяться, что и остальные тренды и достижения цифровой трансформации в последующие 50 лет смогут наполнить нашу жизнь новыми смыслами и возможностями.

Список литературы

1. *Кларк, А.* Черты будущего / А. Кларк; пер. с англ. Я. Берлина, В. Колтового. Москва: Мир, 1966. 287 с. Текст: непосредственный.
2. *Анахов, С. В.* Цифровизация в научно-технической и образовательной сферах: прорывы и перспективы / С. В. Анахов. Текст: непосредственный // Новые информационные технологии в образовании и науке. 2021. № 4. С. 7–15.
3. *Главные* IT-тренды 2021 года. URL: <https://vc.ru/azoft/188550-glavnye-it-trendy-2021-goda>. Текст: электронный.
4. *Gartner*. URL: <https://www.gartner.com/en>. Text: electronic.
5. *Shneiderman, B.* Human-Centered Artificial Intelligence: Reliable, Safe & Trustworthy / B. Shneiderman. Text: electronic // International Journal of Human-Computer Interaction. 2020. Vol. 36, iss. 6. P. 495–504. URL: <https://doi.org/10.1080/10447318.2020.1741118>.
6. *Главные* тенденции в IT-индустрии в 2021 году по версии Gartner. URL: <https://habr.com/ru/company/itglobalcom/blog/525860/>. Текст: электронный.
7. *Обзор* 10 прорывных технологий 2021 года по мнению MIT. URL: <https://habr.com/ru/company/rshb/blog/557228/>. Текст: электронный.
8. *Лисяный, А.* Самые важные события 2021 года в науке / А. Лисяный. URL: <https://dtf.ru/science/1022014-samyie-vazhnye-sobytiya-2021-goda-v-nauke>. Текст: электронный.
9. *Десять* самых важных технологий и открытий 2021 года. URL: <https://trends.rbc.ru/trends/innovation/60becf189a79470e64285ce2>. Текст: электронный.
10. *Ветролесов, В.* Топ-10 важнейших научных открытий 2021 года / В. Ветролесов. URL: <https://www.ridus.ru/news/370161>. Текст: электронный.

11. *Мурая, О.* Прорыв года: журнал Science назвал десятку самых ярких научных достижений за 2021 год / О. Мурая. URL: <https://www.vesti.ru/nauka/article/2653611>. Текст: электронный.
12. *Йонк, Р.* Сердце машины: наше будущее в эру эмоционального искусственного интеллекта / Р. Йонк; пер. с англ. Э. Воронович. Москва: Бомбора, 2019. 464 с. Текст: непосредственный.
13. *Почему Starlink от Маска – это scam.* URL: <https://habr.com/ru/company/gms/blog/649227/>. Текст: электронный.
14. *Медведев, Ю.* Названы важнейшие научные достижения 2021 года / Ю. Медведев. Текст: электронный // Российская газета. 2021. 28 дек. URL: <https://rg.ru/2021/12/28/nazvany-vazhnejshie-nauchnye-dostizheniia-2021-goda.html>.
15. *12 главных достижений российской науки в 2021 г. по месяцам: ими стоит гордиться.* URL: <https://trashbox.ru/link/best-russian-science-in-2021>. Текст: электронный.
16. *Топ открытий российских ученых в 2021 г. по версии РИА Новости.* URL: <https://ria.ru/20211227/nauka-1765454723.html>. Текст: электронный.
17. *Созинов, А.* 14 главных IT-событий 2021 года, которые запомнятся надолго / А. Созинов. URL: <https://3dnews.ru/1057023/itogi-2021>. Текст: электронный.
18. *Анахов, С. В.* Особенности реализации научно-образовательной политики в рамках национальной технологической инициативы / С. В. Анахов. Текст: непосредственный // Новые информационные технологии в образовании и науке. 2019. № 2. С. 5–15.
19. *Рынок образовательных стартапов в РФ: итоги 2021 г. и перспективы 2022 г.* URL: <https://admitad.pro/ru/blog/rynok-obrazovatelnyh-startapov-v-rossii>. Текст: электронный.
20. *Рудич, К.* Поражают воображение. Самые громкие научные открытия и техно-прорывы 2021 года / К. Рудич. URL: <https://secretmag.ru/technologies/otkrytiya-i-proryvy-2021-goda.htm>. Текст: электронный.
21. *На что похоже будущее? Даже ученые не могут предсказать... или могут?* / под ред. Д. Аль-Халили; пер. с англ. С. Чернин. Москва: Альпина нон-фикшн, 2020. 326 с. Текст: непосредственный.
22. *Уолш, Т.* 2062: время машин / Т. Уолш; пер. с англ. А. И. Стрельцова. Москва: АСТ, 2019. 320 с. Текст: непосредственный.