

МИРОВАЯ ИННОВАЦИОННО-ЦИФРОВАЯ ЭКСПАНСИЯ: ОСОБЕННОСТИ МОМЕНТА

© 2022 г. Л. В. Панкова^{а,*}, О. В. Гусарова^{а,**}

^аНациональный исследовательский институт мировой экономики и международных отношений
им. Е.М. Примакова РАН, Москва, Россия

*E-mail: lpankova@imemo.ru

**E-mail: olgusarova@imemo.ru

Поступила в редакцию 24.05.2022 г.

После доработки 24.06.2022 г.

Принята к публикации 11.07.2022 г.

Статья посвящена развитию инновационно-цифровых военных технологий. Авторы ставят перед собой цель углубить понимание важнейших направлений мировой технологической трансформации, а также сложности и взаимообусловленности основных критически важных и зарождающихся технологий военно-ориентированного характера в главных центрах инновационно-цифрового сдвига. Анализируется финансовое обеспечение и важнейшие особенности развития сферы исследований и разработок США, России и Китая, подчёркивается стратегический характер их конкуренции. Особое внимание уделяется ключевым цифровым функционалам, прежде всего искусственному интеллекту и квантовым вычислениям. Отмечается, что стремление США к глобальному технологическому и военно-техническому лидерству в условиях динамических изменений в технологическом развитии и, соответственно, появление не только новых возможностей, но и новых вызовов актуализирует изучение мирового инновационно-цифрового развития.

Ключевые слова: технологии, инновации, двойное использование, конкуренция, цифровизация, национальная и международная безопасность, сдерживание, стратегическая стабильность, экономика.

DOI: 10.31857/S0869587322100097

С вступлением в третье десятилетие XXI в. пришло чёткое осознание того факта, что мир

входит в новую эру — эру жёсткой конкурентной борьбы в сфере новых зарождающихся технологий. По мнению и российских, и зарубежных экспертов, эти технологии неизбежно изменят характер вооружённой борьбы и проведение военных операций, причём во всех доменах¹, включая и вновь созданные — космический и кибер-домены — при общем усилении кросс-доменных взаимодействий.

Для России обладание высокими технологиями, расширение доступа к ним исключительно важно не только с точки зрения динамики инновационного развития страны, сокращения разрыва с технологическими лидерами, приобретения новых технологических возможностей (как в гражданской сфере, так и в военной), но и с точки зрения способности дать быстрый и решитель-



ПАНКОВА Людмила Владимировна — доктор экономических наук, заведующая отделом военно-экономических исследований безопасности ЦМБ ИМЭМО РАН. ГУСАРОВА Ольга Владимировна — научный сотрудник отдела военно-экономических исследований безопасности ЦМБ ИМЭМО РАН.

¹ Домены — термин, под которым понимаются виды вооружённых сил, всё чаще используется в зарубежной военной литературе и официальных изданиях, хотя доктринально это понятие ещё не определено.

Таблица 1. Финансирование исследований и разработок, 2021 г.

Страна	НИОКР, млрд долл.	НИОКР, % от ВВП	Доля в глобальном ВВП, %	Доля в глобальных НИОКР, %
Китай	621.50	1.98	22.3	25.5
США	598.70	2.88	14.8	24.5
Россия	60.57	1.50	2.8	2.5
Европа	479.3	—	18.5	19.6
РФ/СНГ	63.6	—	3.7	2.6
Азия	1122.4	—	46.0	46.0
Все страны	2440.5	1.70	100.0	100.0

Примечание. Объёмы финансирования НИОКР — по паритету покупательной способности; объём глобального ВВП по данным на 2021 г. — 140484.0 млрд долл.; объём глобальных НИОКР — 2440.5 млрд долл.

Источник: рассчитано и составлено по [3].

ный ответ на новые вызовы и угрозы. Развитие цифровых и других зарождающихся технологий (так называемых “новых традиционных”) заставляет думать не только о новых перспективах. Возникают риски появления совершенно иных, чем прежде, угроз, включая, например, кибератаки; возможность несанкционированного воздействия на развивающееся “производство по требованию”², на нейробиологические архитектуры; повышение уровня летальности автономных систем вооружений; углубление латентности (скрытности) неправомерного доступа к информационным ресурсам и др.

ИССЛЕДОВАНИЯ И РАЗРАБОТКИ — ГЛАВНЫЙ РЕСУРС ИННОВАЦИОННО- ЦИФРОВОЙ ЭКОНОМИКИ

За первые два десятилетия XXI века глобальные ассигнования на исследования и разработки более чем утроились: с 677 млрд долл. до 2.2 трлн долл. (в текущих ценах, за 2000–2019 гг.) [1, с. 2]. При этом более семи десятилетий США благодаря своим значительным инвестициям в исследования и разработки “являлись главной движущей силой их развития и в целом формирования глобального технологического ландшафта” [2, р. 2].

Однако за период 1960–2019 гг. доля США в глобальных расходах на НИОКР сократилась с 69 до 30%, а соответствующая доля американского военного ведомства — с 36 до 3.1% [2, р. 2].

² “Производство по требованию” — новая концепция производства в условиях активизации процессов цифровизации и развития таких технологий, как, например, 3D-печать, лазерная резка и др. Продукция производится лишь в случае необходимости и в требуемом на данный момент количестве (объёме). В зарубежной литературе термин “производство по требованию” (“manufacturing on-demand”) уже приобрёл устойчивый характер.

В первую очередь это обусловлено ростом ассигнований на сферу исследований и разработок других стран (причём как со стороны государственных, так и частных структур). Отчасти сыграло свою роль и увеличение вложений в исследования и разработки американского бизнеса и федеральных невоенных организаций. И хотя США по-прежнему лидируют по доле затрат на НИОКР в общемировых расходах (29.9% в 2019 г.) и даже превысили совокупную долю шести стран — Японии (7.9%), Германии (6.7%), Южной Кореи (4.7%), Франции (3.3%), Великобритании (2.6%) и Италии (1.8%) — составившую в 2019 г. 26.0% [2, р. 9], их озабоченность вызывает рост расходов на НИОКР в Китае. В 2019 г. доля КНР в глобальных НИОКР достигла 23.9%, с 2000 г. (4.9%) рост составил практически 5 раз. Данная тенденция продолжается и в новом десятилетии: в 2021 г. доля США в глобальных расходах на НИОКР снизилась на 5.4% (до 24.5%), а доля Китая выросла на 1.6% (до 25.5%) по сравнению с 2019 г. (табл. 1). Уже в 2004 г. расходы Поднебесной на НИОКР превзошли Германию, а в 2009 г. и Японию. В 2021 г. финансовое обеспечение НИОКР в Китае впервые превысило соответствующий показатель США как по абсолютной величине ассигнований, так и по его доле в глобальных расходах на НИОКР. Это неизбежно ведёт к резкому усилению соперничества, что в условиях официально провозглашённой в США в 2018 г. конкуренции великих держав усиливает тенденцию её перехода на стратегический уровень, характеризуется расширением и укреплением взаимовлияния политических, экономических, военных и технологических аспектов (так называемая ПЭВТ-конкуренция).

Следует отметить, что хотя Россия и входит в десятку стран с наибольшими затратами на исследования и разработки, её доля в общих гло-

Таблица 2. Рейтинги стран в рамках глобальных индексов (ед.), 2021 г.

Страны	Глобальный инновационный индекс, GII	Глобальный индекс конкурентоспособности, GCI	Индекс сетевой готовности, NRI	Индекс военной мощи, GFP
США	3	10	4	1
Китай	12	16	29	3
Россия	45	45	43	2

Примечание: GII – Global Innovation Index; GCI – Global Competitiveness Index; NRI – Networked Readiness Index, GFP – Global Fire Power.

Составлено по: [5–8].

бальных расходах на эти цели невелика: в 2019 г. она составила, по данным ОЭСР³, 2.0% (лишь незначительно превысив показатель Италии). Однако в 2021 г. доля РФ в глобальных НИОКР возросла до 2.5% (см. табл. 1). По скорости наращивания расходов на НИОКР за 2000–2019 гг. (более 340%) наша страна оказалась в первой четвёрке после Китая (1406%), Южной Кореи (450%) и Тайваня (более 370%). Данный показатель для США – 144%, Японии – 80% [2, р. 10]. По данным за 2021 г. совокупная доля США и Европы в глобальных НИОКР составила 44.1%, что ниже этого показателя для Азии (46.0%). Больше и доля Азии по сравнению с совокупной долей США и Европы в глобальном валовом продукте: соответственно 46.0% и 33.3%. Столь масштабные сдвиги в финансировании глобальных НИОКР как по объёму, так и по структуре при ускоренном распространении технологий не могли не сказаться на усилении внимания военно-политического руководства США к поддержанию американской концепции технологического и военного превосходства. Это особенно важно иметь в виду на новом этапе технологического развития, учитывая его беспрецедентную динамику и ожидаемые эффекты, сегодня ещё в значительной степени неопределённые.

Показательно, что совокупная доля США и Китая в глобальных исследованиях и разработках в 2021 г. составила 50%. При этом в конце второго десятилетия XXI в. на этих двух гигантов приходилось более половины мировых центров обработки информации, и, например, “94% всего финансирования стартапов в сфере искусственного интеллекта за последнее пятилетие” [4, р. 3]. Однако если принимать во внимание глобальные индексы инновационной деятельности, конкурентоспособности и сетевой готовности, США заметно опережают Китай (табл. 2), то есть финансирование технологий – необходимое, но не-

достаточное условие реализации инновационно-цифрового сдвига. Ключевой фактор здесь – качественная сторона национальной инновационной системы (НИС) во всех её аспектах – исследовательском, законодательном, подготовки кадров, финансовом.

Кратко отметим основные характеристики американской НИС. Она в определённом смысле уникальна, достаточно сложна и многоструктурна. Её финансовое обеспечение комплементарно: оно осуществляется через Национальный научный фонд, Министерство обороны, Национальное агентство по авиационной и исследованию космического пространства (НАСА), Министерство энергетики, Национальный институт стандартов и технологий и другие ведомства. Особенность механизма американской НИС – плотное взаимодействие всех её субъектов, всех стадий динамично развивающегося и существенно усложнившегося инновационного процесса, а также усиление связей между исполнителями НИОКР и пользователями технологических инноваций, причём как на уровне исследований, так и в разнообразном целевом спектре – коммерциализации научно-технических результатов, поддержке образования, совершенствовании военных технологий и т.д., что наблюдается уже с конца прошлого века. В новом столетии НИС США значительно усилена благодаря развитию различных форм государственно-частного партнёрства, ориентации на освоение технологий двойного назначения, использованию готовой коммерческой продукции прямо “с полки” и расширению союзнических отношений в научно-технической сфере. В последнем случае США не только укрепляют свою научно-технологическую инфраструктуру, но и получают возможность мониторинга и контроля над инновационно-цифровыми потоками своих союзников.

Таким образом, военные технологии создаются в США, как правило, в рамках сетевой структуры знаний, возможностей и кадров, включая академию, университеты, национальные лаборатории и частный сектор, который превращает идеи

³ Организация экономического сотрудничества и развития – ОЭСР (Organisation for Economic Cooperation and Development – OECD).

в инновации, трансформирует открытия в успешный коммерческий и оборонный продукт. Министерство обороны — одно из крупнейших федеральных ведомств США, поддерживающих НИОКР. Среди более шести десятков его исследовательских центров и лабораторий следует выделить прежде всего Управление перспективных исследований и разработок ДАРПА (DARPA — Defense Advanced Research Project Agency), задача которого — определить перспективные направления разработки военных систем и ускорить их продвижение до стадии демонстрации технологий, чтобы избежать появления технологических сюрпризов. Это особенно важно в условиях стратегической неопределённости и высокой вероятности возникновения асимметричных угроз. Сегодня, в условиях мировой технологической экспансии, подобные организации действуют и в других американских ведомствах (например, в сфере американской разведки было создано управление подобное ДАРПА — IARPA — Intelligence Advanced Research Project Agency), а также создаются в Японии, Великобритании, странах Европы.

Возникает вопрос: каковы стратегические особенности нового этапа инновационно-цифрового развития? Во-первых, это ориентация на инновационно-цифровой прорыв, технологии четвёртой промышленной революции, которые могут привести к беспрецедентным достижениям в области вооружений [9]. Прежде всего речь идёт о таких цифровых технологиях двойного назначения, как искусственный интеллект, большие данные, машинное обучение, автономизация и роботизация, аддитивные технологии, технологии виртуальной и дополненной реальности. Во-вторых, это, конечно же, объявленная Соединёнными Штатами конкуренция великих держав — США, Китая и России, рассматриваемая американским экспертным сообществом как движущая сила международных отношений. В-третьих, наблюдается дисбаланс между индексами глобальной военной мощи и характеристиками качества инновационной системы США, России и Китая (см. табл. 2). В-четвёртых, конвергенция и рекомбинация зарождающихся технологий создаёт не только новые военно-технические возможности и технологические сюрпризы, но и чревата изменениями в относительной мощи государств, государственных и негосударственных акторов; расширяются возможности малых участников геополитического противостояния. Следует отметить, что феномен малых государств, обладающих серьёзными военными возможностями, представляет собой «новое явление, которое будет создавать новые угрозы» [10].

С начала третьего десятилетия XXI в. усиливается внимание к разработке критически важных и зарождающихся технологий (КВЗТ): «Превос-

ходство в области приоритетных технологических направлений означает акцент на приобретение преимуществ на ранних стадиях инновационного цикла, укрепляя тем самым военнотехническое лидерство в долгосрочном плане» [11, с. 10]. В рамках пакета КВЗТ усилия фокусируются на наиболее результативных инвестициях в зарождающиеся, прорывные, открывающие новые возможности технологии. Важнейшими задачами национальных НИС становятся: отслеживание балансов в финансировании науки и технологий, исследований и разработок; совершенствование современных программ приобретения технологий; оценка новых начинаний; разработка концептуальных основ инновационной активности; экспериментирование и повышение боевых возможностей вооружённых сил.

Список зарождающихся технологий в рамках пакета КВЗТ постоянно расширяется. Определяющее место сегодня занимают цифровые технологии, как наиболее экзотический их вид, для которого характерен высокий уровень неопределённости результата использования. Встаёт проблема нахождения баланса между реализацией экзотических, рискованных технологий и прагматичными, хорошо понятыми и отработанными технологическими решениями. Технологии четвёртого промышленного уклада развиваются практически параллельно во многих развитых странах. Анализ соответствующих официальных документов США, России, Китая, а также таких организаций, как НАТО и Европейский Союз, позволил выделить и сопоставить важнейшие акценты в пакетах КВЗТ (табл. 3).

Приведённые в таблице 3 технологии (технологические направления) отражают лишь главные приоритеты цифровой трансформации и не покрывают глобальный трансформационный технологический ландшафт. В большинстве официальных списков КВЗТ (по странам и организациям) выделяется около 20 зарождающихся технологических направлений, а с учётом их членения на отдельные подгруппы — более 100 перспективных технологий. Речь идёт о технологиях виртуальной и дополненной реальности; технологиях беспроводной связи (в частности, 5G); нейротехнологиях; интернете вещей (в том числе военного применения); связи и сетевых технологиях; датчиках и сенсорах; источниках и накопителях энергии [17, с. 20]. В расширенных списках КВЗТ как США, так и России уделяется внимание развитию технологий распределённого реестра (distributed ledger technology), создающих основу нового подхода к созданию баз данных, распределённых между несколькими сетевыми узлами. По мнению ряда экспертов, распределённые реестры (одним из видов которых является блокчейн) — это новая парадигма сбора и передачи информации, концептуальный прорыв в управлении дан-

Таблица 3. Перспективные технологии (технологические направления): основные акценты в официальных документах НАТО, Европейского парламента, США, России и Китая

Технологии	НАТО	ЕС (Европарламент)	США	Китай	Россия
Искусственный интеллект (ИИ)	✓	✓	✓	✓	✓
Большие данные	✓	✓	✓	✓	✓
Машинное обучение		✓	✓	✓	✓
Квантовые технологии	✓		✓	✓	✓
Автономизация и робототехника	✓	✓	✓	✓	✓
Биотехнология	✓	✓	✓		
Космические средства	✓	✓	✓	✓	✓
Летальное автономное оружие			✓		
Гиперзвук	✓		✓	✓	✓
Оружие направленной энергии			✓	✓	✓
Новые материалы и производственные технологии	✓		✓	✓	✓
Сенсоры и сетевая сенсорика			✓	✓	✓

Источники: [2, 12–16].

ными. Кроме того, в условиях динамичного развития технологий растущее внимание привлекают перспективы облачных вычислений, которые иногда называют “компьютерными ресурсами по требованию” (on demand computing). Сюда можно добавить и периферийные, или граничные, вычисления (edge computing), представляющие собой важную составляющую распределённых вычислений, осуществляемых в пределах досягаемости конечных устройств. Данный тип вычислений используется для сокращения времени сетевого отклика, а также более эффективного использования пропускной способности сетей. В целом налицо общность основных акцентов в выборе ключевых приоритетов КВЗТ. Однако некоторые отличия всё же имеются. Так, обращает на себя внимание заинтересованность официальных кругов США в создании новых технологий летального автономного оружия (см. табл. 3).

На наш взгляд, важно подчеркнуть, что фундаментальную основу успешного развития и использования зарождающихся технологий составляют два фактора: современная инфраструктура информационно-коммуникационных технологий (ИКТ) [18, р. 37] и совершенствование технологий микроэлектроники и полупроводников. Внимание к этим двум направлениям в ведущих странах мира резко возросло, предпринимаются усилия по преодолению отставания либо по сохранению достигнутых преимуществ.

В США серьёзно озадачены проблемой развития технологий микроэлектроники и полупроводников. Если в 1990 г. доля США в мировом производстве полупроводников составляла 37%, то в 2020 г. она снизилась до 12% [19]. В то же время отмечается, что полупроводники – основополагающая технология нашего времени, обеспечивающая мощь американской экономики и американских систем оружия [20]. В 2021 г. в США вышел законодательный акт о поддержке полупроводниковой промышленности (CHIPS for America)⁴, причём, что очень показательно, в рамках Национального закона в сфере обороны 2021 (National Defense Authorization Act – NDAA, 2021). Подтвердив таким образом важность полупроводниковой промышленности как для гражданской, так и для военной сферы, американский конгресс выдвинул серию программ по содействию исследованиям, разработке и производству полупроводников в стране. НИОКР в области микроэлектроники и полупроводников заняли место среди национальных приоритетов наряду с квантовыми информационными науками и искусственным интеллектом (ИИ) [21].

По мнению ряда экспертов (в частности, компании “Intel”), будущее за развитием кремниевой фотоники как рекомбинации двух групп технологий – электроники и оптики, которая способна принципиально изменить систему передачи дан-

⁴ CHIPS – Creating Helpful Incentives to Produce Semiconductors.

ных на расстояниях от миллиметров до тысяч километров. Компания “Intel” занимается разработками в области кремниевой фотоники уже 15 лет и готовится к переходу к следующему этапу — интегрированной фотонике, которая позволит внедрить оптические компоненты непосредственно в чипы.

ПЕРСПЕКТИВЫ ОСВОЕНИЯ И ИСПОЛЬЗОВАНИЯ НОВЫХ КРИТИЧЕСКИ ВАЖНЫХ И ЗАРОЖДАЮЩИХСЯ ТЕХНОЛОГИЙ

Попытаемся классифицировать технологии в рамках трёх временных интервалов (ближнесрочном, среднесрочном и долгосрочном) и по трём большим группам (рис. 1). Во-первых, это цифровые технологии, относящиеся к четвёртой промышленной революции, о которых говорилось выше⁵. Во-вторых, это “новые традиционные” технологии, которые обогащаются за счёт цифровых технологий. В-третьих, это основанные на синергии технологии, иногда их называют “эффекторными технологиями” [22, р. 28]. Сегодня невозможно с высокой точностью определить, что это будут за технологии, однако их ключевая особенность — способность к формированию новых средств и систем вооружённой борьбы и вероятность появления новых качественных эффектов. Как представляется, только в совокупности перечисленных трёх технологических групп можно выявить инновационно-цифровые технологические тренды и оценить влияние мировой инновационно-цифровой экспансии на методы и средства вооружённой борьбы.

Блок 1. С точки зрения военного эффекта невозможно рассматривать отдельно развитие цифровых и “новых традиционных” технологий, так как их взаимовлияние и соразвитие может стать важным (если не решающим) фактором, воздействующим на средства и методы вооружённой борьбы в период “2035–2040+”.

В рамках трёх очерченных выше групп выделяются отдельные кластеры, объединяющие технологии с высоким уровнем взаимовлияния и соразвития. Так, в группе цифровых технологий можно выделить кластер ключевых цифровых функционалов, включающий технологии искусственного интеллекта, машинное обучение, большие данные и, по нашему мнению, квантовые вычисления, а также космический кластер с широким набором перспективных технологий, по большей части двойного назначения. Часто объединяют в кластеры новые материалы и производственные системы, источники и накопители

энергии, перспективную электронику и полупроводники, автономные системы и роботизацию, оружие направленной энергии, летальное автономное оружие и др. Здесь мы более подробно остановимся на кластере ключевых цифровых функционалов, объединение которого с кластером автономных систем и роботизации, по мнению некоторых экспертов, может стать центральным вопросом будущей вероятной войны [23].

Кластерно-таксономический анализ зарождающихся технологических направлений и критически важных технологий в общем пространстве системного подхода и выявления активных синергетических взаимодействий между ними составил основу методологического подхода к изучаемой теме. Это позволяет говорить о следующем поколении технологий и средств вооружённой борьбы в будущем при высокой вероятности вепонизации (милитаризации) КВЗТ и исключительном значении конкуренции в рассматриваемой области, переходящей на стратегический уровень (стратегическая конкуренция). Подтверждается мнение как российских, так и зарубежных экспертов, что в условиях, когда “воздействие техносферы на военно-политическую обстановку, на военную стратегию и способы ведения боевых действий станут всё более многоплановым и многомерным” [24, 25], насыщение средств вооружённой борьбы революционными цифровыми интеллектуальными технологиями в совокупности с ростом разрушительных возможностей вооружений актуализирует анализ и прогноз их влияния на обеспечение международной безопасности, стратегической стабильности и контроля над вооружениями в последующие десятилетия [26, с. 75].

Каковы ожидаемые эффекты от внедрения новых перспективных технологий?

Предсказать такие эффекты в средствах вооружённой борьбы, особенно с учётом их синергетического действия, достаточно сложно, если не невозможно. Они являются функцией многих факторов, включая особенности взаимодействия составляющих конкуренции в области политики, экономики, военного дела и технологий (ПЭВТ-конкуренция). Среди факторов выделяют и такие, как, например, “темпы технологического развития в конкурирующих государствах; способы, которыми зарождающиеся технологии интегрируются в существующие системы вооружений и отражаются в операционных концепциях; взаимодействие между зарождающимися технологиями и степенью, с которой национальная политика и международное право способствуют, запрещают их развитие, интеграцию и использование” [27, р. 26]. Выделим основные направления революционных изменений средств вооружённой борьбы. Сюда следует отнести: улучшенные средства командования и контроля; повышение каче-

⁵ Заметим, что информационно-коммуникационные технологии относятся к предыдущему этапу промышленного цикла.

ства и возможностей информационных систем реального времени, ситуационной осведомлённости, логистики благодаря цифровизации поля боя; увеличение скорости принятия решений; рост точности поражающего действия новых средств вооружений. Зарубежные эксперты выделяют и необходимость учёта мультипликаторов силы и концентрации эффектов. Необходимо отметить и воздействие зарождающихся технологий на эффективность, боеготовность, надёжность систем и устойчивость к технологическим шокам. С конца второго десятилетия нынешнего века в рамках проекта Мэйвен (Project Maven) стали говорить о возможности ведения “алгоритмических боевых действий” [24], когда с опорой на системы ИИ скорость боевых действий будет превышать скорость принятия решений человеком.

Среди областей развития средств вооружённой борьбы необходимо обратить внимание на “эффекторные технологии” [22, р. 28]. Они определяются как технологии, которые имеют целью изменить свойства цели и, будучи интегрированными с другими технологиями (такими как сенсоры, перспективные компьютеры и т.д.), формируют/конструируют новые системы оружия. Они могут включать, например, обычные или новейшие взрывчатые вещества и боеголовки следующего поколения, кибер- и электронные средства вооружённой борьбы. Спектр их воздействия простирается от средств радиоэлектронного подавления и дезориентации до оружия направленной энергии, включая лазеры и мощное радиочастотное оружие. Способность этих технологий превосходить противника обеспечивает эффект сдерживания в дополнение к реализации возможности служить важным фактором развёртывания новых современных наступательных и оборонительных вооружений.

В целом сегодня нет ясного детализированного представления о будущем военно-технологическом сдвиге. Иногда представители военных организаций западных стран утверждают, что экзотическое нелетальное оружие способно оказать серьёзное воздействие на развитие средств вооружённой борьбы (например, химическое воздействие на свойства металлов позволяет сделать их более хрупкими). В любом случае очевидно, что в настоящее время активизируется поиск новых инструментов обеспечения перспективных военных возможностей.

Особое внимание американских экспертов вызывают шесть технологий, разрабатываемых США, Китаем и Россией, важных с точки зрения развития средств вооружённой борьбы и требующих, по их мнению, глубокого межстранового сопоставительного анализа. К ним относят: искусственный интеллект, квантовые технологии, автономное летальное оружие, гиперзвуковое

оружие, оружие направленной энергии, биотехнологии [27]. Причём две технологии из этого списка — искусственный интеллект и квантовые технологии, относящиеся непосредственно к цифровому формату, — обладают потенциалом для обеспечения национальной безопасности как в ближнесрочной, так и дальнесрочной перспективе, включая сбор и анализ разведывательной информации, логистику, киберкосмические операции. На наш взгляд, в этот первоочередной список приоритетных инновационно-цифровых технологий следует добавить космические технологии.

Блок 2. Особое внимание следует обратить на следующие инновационно-цифровые технологии: искусственный интеллект, квантовые технологии, автономное летальное оружие, гиперзвуковое оружие, оружие направленной энергии, биотехнологии, космические технологии, требующие непрерывного мониторинга, контроля развития и глубокого сопоставительного анализа (в странах-конкурентах).

Активизация развития цифровых технологий относится ко второй половине 2010-х годов, а данные регрессионного анализа [32] и соответствующая статистика свидетельствуют, что вооружения и военная техника будущего закладываются в рамках перспективных НИОКР за 20–25 лет до начала их эксплуатации. Соответственно полноценную интеграцию КВЗТ в перспективные вооружения и военную технику следует ожидать не ранее периода 2035–2040+ (табл. 4), хотя цифровизация инновационной сферы военной экономики и её тесная связь с гражданским сектором будут способствовать непрерывному эволюционному наращиванию боевых возможностей вооружённых сил. Недооценка этого обстоятельства может привести к увеличению межстрановых технологических разрывов, к расширению угроз военной и военно-экономической безопасности и созданию дополнительных рисков в мировой политике.

Десятилетие 2025–2035 гг. можно рассматривать как период экспериментальной отработки и восприятия новых технологических возможностей и идей, радикального пересмотра главных критериев военно-технологической и военно-экономической деятельности. В то же время это период интенсивной подготовки к принятию решений о будущих проектах и программах, причём решений кардинальных, прежде всего с точки зрения международной безопасности и стратегической стабильности.

Таблица 4. Зарождающиеся технологии, их совершенствование, эффект и оборонное воздействие

Наращивание инновационно-цифрового потенциала	Эффект	Незначительный/умеренный	Революционный/трудно-определяемый	Ключевые направления оборонного воздействия*
	Время реализации			
	Ближнесрочная перспектива (до 2025 г.)	ЦИФРОВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ		Ускорение разработки и прототипирования средств вооружённой борьбы Дроны нового поколения Летальное автономное оружие Гиперзвуковое оружие: • гиперзвуковые планирующие системы • гиперзвуковые крылатые ракеты Отработка применения нейросетевых технологий в решении задач боевого управления
		Базовые цифровые технологии 1 этапа		
		Большие данные Искусственный интеллект Машинное обучение Блокчейны	Автономизация и роботизация Кибертехнологии Облачные и граничные вычисления (edge-computing)	
		НОВЫЕ “ТРАДИЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ”		
		Информационно-коммуникационные технологии Микроэлектроника и полупроводники Нanomатериалы Технология производства водородных топливных элементов Литий-ионные аккумуляторы	Гиперзвуковые технологии Новые технологии наблюдения Системы предупреждения о ракетном нападении (1)	
		ЦИФРОВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ		
	Среднесрочная перспектива (2025—2035)	Базовые цифровые технологии 2 этапа		Роботизация поля боя Распространение средств блокировки доступа (A2/AD) Гибридная военно-коммерческая сеть Интеграции ИИ в систему боевого управления Новая экипировка/маскировка в вооружённых силах (включая незаметность) Сверхмалые плазменные двигатели Космические корабли с ядерным тепловым двигателем Оружие направленной энергии: лазеры, высокоэнергетическое микроволновое оружие, пучковое оружие
		Датчики и сенсорика Оптимизация платформ Интернет вещей для военной сферы Технологии распределённого реестра Цифровые двойники Малогабаритные ядерные энергетические установки	Квантовые компьютерные технологии Машинное обучение (глубокое) Квантовый ИИ Кибертехнологии Нейроинтерфейсы	
		Совершенствование традиционных систем оружия при активном использовании цифровых технологий Перспективные космические технологии Электрические авиадвигатели Суперконденсаторы	Кремниевая фотоника Импульсное излучение Технология плазменного пиролиза (2) Функциональные материалы Термобарьерные покрытия (с плазменным распылением)	
		ЭФФЕКТОРНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ (ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ СИНЕРГИЯ)		
Начало развития				

Таблица 4. Окончание

Дальнесрочная перспектива (2035–2040+)	ЦИФРОВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ		Мультидоменные боевые операции Автономизация систем связи и боевого управления Военные нейросети Космические системы: квантовый двигатель, квантовые спутники доступ в космос по требованию, думающие спутники, многоразовые космические буксиры с мегаваттной ядерной силовой установкой Формирование системы ПРО в космосе (в рамках принципиально нового технологического пакета) Алгоритмические боевые действия и др. Формирование новых видов оружия или средств вооружённой борьбы (4)
	Квантовая информатика Аддитивные технологии в производстве и эксплуатации кораблей, спутников и т.д.	Нейроморфный ИИ Нейро- и когнитивные технологии Квантовые генераторы гравитационных волн	
	НОВЫЕ “ТРАДИЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ”		
	Новые материалы и производственные системы Метаматериалы и метаповерхности Нанoeлектроника Технология активной системы управления воздушным потоком (3)	Интегрированная фотоника Технологии нереактивного движения в космосе Электродвигатели в гибридных самолётах будущего Биотехнологии	
	ЭФФЕКТОРНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ (ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ СИНЕРГИЯ)		
		“Созревание” технологий	

*В широком контексте новых идей, принципов, технологий и средств вооружённой борьбы.

Источники: [22, 28–31].

КЛАСТЕР КЛЮЧЕВЫХ ЦИФРОВЫХ ФУНКЦИОНАЛОВ

В рамках кластера ключевых цифровых функционалов рассматриваются два основных: искусственный интеллект (во взаимосвязи с большими данными и машинным обучением) и квантовые вычисления и далее квантовый искусственный интеллект. Станут ли эти направления, объединяющие в себе достижения в области нанofотоники, нейро- и когнитивных технологий и т.п., инновационным ядром будущих десятилетий? В любом случае активное развитие ключевых цифровых функционалов – необходимый фактор обеспечения технологической безопасности и независимости.

Искусственный интеллект (ИИ). Значимость развития ИИ, являющегося вершиной цифровой трансформации, трудно переоценить. Однако сейчас практически невозможно просчитать его потенциал, спрогнозировать эффект его исполь-

зования в сфере безопасности и обороны. ИИ иногда подразделяют на узкий и широкий [27]. В первом случае речь идёт о выполнении специфических задач, на которые был “натренирован” ИИ (эти технологии уже инкорпорированы в ряд вооружений и военной техники в США и в странах-конкурентах), во втором случае – о решении обширного круга задач.

Ожидается, что ИИ, понимаемый как способность машин исполнять задачи, которые обычно требовали человеческого интеллекта, во взаимосвязи с большими данными, технологиями машинного обучения (впоследствии с глубоким обучением) приведут к радикальной трансформации практически всех сфер оборонной деятельности. Эти технологии могут использоваться для проведения оценок и обеспечения рекомендаций по поддержке принятия решений; они имеют исключительное значение для автономных систем, распределения ресурсов, открывают новые пути достижения военных эффектов, которых невоз-

можно добиться в случае применения человеко-центричных систем [22, р. 18].

В развитие ИИ и связанные с ним технологии, которые в силу своего двойного характера могут использоваться в военных целях, много вкладывает коммерческий сектор. Но остаётся открытым вопрос, достаточно ли коммерческих НИОКР в области ИИ, чтобы удовлетворить потребности по противодействию военным вызовам, разработке нишевых алгоритмов и обеспечению высокой манёвренности, гибкости, “оптимизации платформ как пилотируемых, так и непилотируемых, даже несмотря на возраст, платформ” [22, р. 34].

Особое внимание следует уделить американскому проекту “Maven”, запущенному в 2017 г. и нацеленному на адаптацию алгоритмов коммерческого ИИ к широкому набору военных функций: обнаружению, классификации, отслеживанию угроз в целях оптимизации принятия решений. Была разработана и меньше чем за год внедрена в боевое управление система использования технологии ИИ на базе нейронных сетей с глубоким обучением. В июне 2018 г. МО США учредило Объединённый центр по искусственному интеллекту (Joint Artificial Intelligence Center — JAIC), чтобы координировать усилия военных в этой области [29]. В феврале 2022 г. МО США планировало учредить новую координационно-командную структуру — Управление цифровых технологий и ИИ, ответственное за усиление и интеграцию больших данных, искусственного интеллекта и цифровых решений в военном департаменте.

Не остаётся в стороне и Китай. В 2017 г. опубликована программа всеобъемлющего развития ИИ, в которой ставится цель к 2030 г. превратить страну в лидера и глобальный инновационный центр в области искусственного интеллекта [18, р. 37].

В России в 2019 г. была утверждена Национальная стратегия развития искусственного интеллекта на период до 2030 года, в которой определены две реперные точки — 2024 г. и 2030 г. Планируется, что к 2030 г. “Россия ликвидирует отставание в области ИИ и добьётся мирового лидерства в отдельных направлениях, связанных с ИИ” [33]. Как отмечалось на Международном военно-техническом форуме “Армия-2019”, наиболее перспективные российские направления совершенствования вооружений уже предполагают использование искусственного интеллекта, “который может оперативно помогать военным разбираться в боевой обстановке, приоритезировать цели и угрозы, оценивать вероятность наступления неблагоприятных событий, проводить анализ состояния боевой машины” [34]. Уже в конце 2010-х годов в России наметился переход к разра-

ботке второго поколения нейронных сетей для ИИ, которые позволяли бы выполнять задачи не только наблюдения за объектами, но и моделирования их поведения, управления ими и оптимизации принятия решений. По мнению многих экспертов, весьма вероятно, что к 2040–2050-м годам системы ИИ станут одними из наиболее значимых на поле боя, способствуя росту эффективности и точности новых систем вооружения.

Искусственный интеллект — это, безусловно, революция в военном деле; он позволяет применять автономные платформы ведения боевых действий при отсутствии недостатков, присущих человеку, и необходимости использования спутниковых ретрансляторов. Эксперты предсказывают, что с 50-процентной вероятностью можно утверждать, что в период между 2040 и 2050 гг. ИИ будет равен человеческому интеллекту, а к 2070 г. значительно превысит когнитивные возможности человека [35]. Согласно прогнозам ДАРПА, к 2030 г. военное ведомство США с большой вероятностью сможет разработать компьютер, способный к интеллектуальным суждениям при анализе информационных потоков. К 2040 г. возможности искусственного интеллекта приведут к экспоненциальному ускорению технологического развития.

В настоящее время технология ИИ является не вполне “созревшей”, но она уже состоялась, хотя и не соответствует пока завышенным ожиданиям. По мнению учёных, для создания полноценного ИИ необходимы квантовые вычисления, за которыми последует создание нейроморфных процессоров, основополагающим компонентом которых станут нейроморфные чипы. Таким образом, речь пойдёт о нейроморфном ИИ, что потребует использования фундаментальных принципов работы естественных нейрокогнитивных систем.

В ближнерочной перспективе, согласно прогнозным данным Международной корпорации данных (International Data Corporation — IDC), к середине текущего десятилетия глобальные ассигнования на развитие систем ИИ резко возрастут: с 85,3 млрд долл. в 2021 г. до 204 млрд долл. в 2025 г. [36].

Квантовые технологии. Глубокое машинное обучение, базирующееся на нейросетях, способствовало квантовому рывку, начавшемуся в 2009 г., пределы его сегодня практически неизвестны. Квантовые компьютеры, способные выполнять сложнейшие вычисления, решать несколько задач параллельно, могут быть эффективны и для ИИ, и для машинного обучения, повысив эффективность обработки больших данных. Оказалось, что именно искусственный интеллект может способствовать реализации потенциала квантовых технологий. Дело в том, что технологии ИИ принципиально устойчивы к главному недостат-

ку квантовых систем — высокой вероятности ошибок. С другой стороны, обучение ИИ требует огромных вычислительных мощностей, а высокая производительность — отличительная способность квантовых компьютеров.

ЕС, США и Китай ускоренными темпами инвестируют в создание квантовых компьютеров. В 2017 г. ЕС принял программу развития квантовых технологий с финансированием в 1 млрд евро. Китай строит Национальную лабораторию по квантовому информационным наукам за 10 млрд долл. США в 2018 г. увеличили расходы на это направление: к ежегодно выделяемым с 2016 г. 200 млн долл. добавили 1.3 млрд долл. на ближайшие пять лет. Частные компании, такие как “Google” и “IBM”, вкладывают средства в создание собственных установок и исследовательских групп. Объёмы вложений пока небольшие — они идут на исследования и создание прототипов. Как только будет понятно, как обеспечить стабильную работу квантовых компьютеров, инвестиции в их производство возрастут на порядки.

Эксперты полагают, что обогнать американские компании в создании универсальных квантовых компьютеров никому не удастся. Однако в новом мире может найтись место и для России. Залог тому — отечественный опыт как в создании квантовой техники, так и в программировании систем ИИ, организация в России в конце 2010-х годов “Росатомом” и Российским квантовым центром лаборатории по развитию квантового искусственного интеллекта⁶. “Применение квантовых компьютеров в сфере ИИ открывает уникальные возможности благодаря недостижимой для традиционных вычислительных систем скорости анализа исходных данных и перебора различных взаимозависимостей в поиске закономерностей”, — отмечает генеральный директор компании “Цифрум” Б.С. Макевин [37].

Важно учитывать, что все построенные на сегодня в мире квантовые вычислители — это прежде всего экспериментальные системы. Для того чтобы перейти к их практическому использованию, кроме аппаратных средств необходима ещё и программная составляющая: соответствующие алгоритмы, библиотеки, инструментальные средства. По данным международного венчурного фонда “Runa Capital” [38], интерес со стороны подобных структур к области квантовых технологий только начинает набирать обороты: сейчас на мировой арене действуют порядка 250 стартапов в сфере квантовых технологий. Из них 45% находятся в США и Канаде, 30% — в Европе, 10% — в Великобритании, 15% — в других странах, таких как Китай, Чили, Япония, Сингапур, Израиль.

⁶ Соответствующее соглашение подписано между компанией по цифровизации атомной отрасли “Цифрум” и Российским квантовым центром.

Работы сфокусированы на квантовом программировании, квантовой связи и компьютерах на оптике и фотонике.

Интеграция ИИ и квантовых вычислений в системы перспективных вооружений (в том числе основанных на новых физических принципах) в совокупности с системами автономизации и роботизации закладывает основы фундаментального сдвига в системе военно-технического, военно-стратегического и военно-экономического развития.

Рассмотрение различных аспектов многоплановой, масштабной и многомерной тематики инновационно-цифровой экспансии применительно к вооружённому противостоянию позволит, по нашему мнению, заложить основу дальнейших исследований стратегического эффекта ускоренного развития критически важных и зарождающихся технологий, их воздействия на военно-технологическую мощь и оценку степени готовности России к новым инновационно-цифровым прорывам.

Масштаб и динамизм происходящих изменений в инновационно-цифровой сфере огромен. Сейчас актуальной задачей становится стратегическое предвидение в оценке влияния зарождающихся/разрушающих технологий на формирование перспективных средств вооружённой борьбы, инновационно-цифровых прорывов на важнейшие элементы национальной мощи и международной безопасности. Возрастает актуальность исследований в области технологической безопасности и независимости. Только на этом пути удастся найти ответы на крайне важные вопросы: как не допустить асимметричного военно-технологического превосходства стратегических конкурентов? становится ли инновационно-цифровое развитие инструментом воздействия на военные балансы и стратегии сдерживания? какие системы оружия и технологии необходимо поставить под контроль, особенно в долгосрочной перспективе? должно ли международное сообщество принять на себя ответственность за развитие новых систем оружия, прежде всего летального автономного?

ИСТОЧНИК ФИНАНСИРОВАНИЯ

Статья подготовлена в рамках проекта “Посткризисное мироустройство: вызовы и технологии, конкуренция и сотрудничество” по гранту Министерства науки и высшего образования РФ на проведение крупных научных проектов по приоритетным направлениям научно-технологического развития (Соглашение № 075-15-2020-783).

ЛИТЕРАТУРА

- Global Research and Development Expenditures: Fact Sheet. Congressional Research Service. September 27, 2021. <https://sgp.fas.org/crs/misc/R44283.pdf>
- The Global Research and Development Landscape and Implication for the Department of Defense. Congressional Research Service. June 28, 2021. <https://sgp.fas.org/crs/natsec/R45403.pdf>
- Heney P. Global R&D Funding Forecast released. February 22, 2021. <https://www.rdworldonline.com/2021-global-rd-funding-forecast-released/>
- Доклад о цифровой экономике 2021. Международные потоки данных и развитие: кому служат потоки данных. Женева: Конференция Организации Объединённых Наций по торговле и развитию (UNCTAD), 2021. Р. 3. https://unctad.org/system/files/official-document/der2021_overview_ru.pdf
- WIPO. Global Innovation Index 2021: Tracking Innovation through the COVID-19 Crisis. Geneva: World Intellectual Property Organization. https://www.wipo.int/edocs/pubdocs/en/wipo_pub_gii_2021.pdf
- World Competitiveness Ranking 2021. International Institute for Management Development's (IMD). 17 June 2021. <https://www.imd.org/centers/world-competitiveness-center/rankings/world-competitiveness/>
- The Network Readiness Index 2021. Shaping the Global Recovery / S. Dutta and B. Lanvin eds. / Portulans Institute. 2021. https://networkreadinessindex.org/wp-content/uploads/reports/nri_2021.pdf
- Global Firepower 2021: кто на свете всех сильнее? // Warspot. 02 ноября 2021. <https://warspot.ru/20792-global-firepower-2021-kto-na-svete-vseh-silnee/?ysclid=134qxahl2c>
- Raska M. Strategic Competition for Emerging Technologies. Comparative Path and Patterns // PRISM. 2020. V. 8. № 3. P. 65–81. https://ndupress.ndu.edu/Portals/68/Documents/prism/prism_8-3/prism_8-3_Raska_64-81.pdf
- Charting a course. Strategic Choices for a New Administration / Ed. by R.D. Hooker, Jr. / Washington, D.C.: NDU Press, December 2016. <https://ethz.ch/content/dam/ethz/special-interest/gess/cis/center-for-securities-studies/resources/docs/NDU-charting-a-course.pdf>
- Панкова Л.В. “Инновационные рынки” в США: стратегические предпосылки и дивиденды // Вестник московского университета. Серия 25. Международные отношения и мировая политика. 2016. № 3. С. 3–28.
- Jankowski D.P. Russia and the Technological Race in an Era of Great Power Competition. Center for Strategic & International Studies (CSIS). Report. September 2021. https://csis-website-prod.s3.amazonaws.com/s3fs-public/publication/210914_Jankowski_UR-MT2021.pdf?FCiMUQFzXJJ8_NYJgOYC8sf8Rqh_Z
- Innovative technologies shaping the 2040 battlefield. European Parliamentary Research Service (EPRS), Scientific Foresight Unit. August 2021. [https://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/STUD/2021/690038/EPRS_STU\(2021\)690038_EN.pdf](https://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/STUD/2021/690038/EPRS_STU(2021)690038_EN.pdf)
- Critical and Emerging Technologies List Update. National Science and Technology Council. Executive Office of the President of the US. P. 2. <https://www.whitehouse.gov/wp-content/uploads/2022/02/02-2022-Critical-and-Emerging-Technologies-List-Update.pdf>
- Military and Security Developments Involving the People's Republic of China 2021. Annual Report to Congress. Office of the Secretary of Defense. 2021. <https://media.defense.gov/2021/Nov/03/2002885874/-1/-1/0/2021-CMPR-FINAL.PDF>
- Цифровая Россия 2024. Как основные технологии изменят жизнь россиян // ТАСС. 24 мая 2019 г. https://tass.ru/nacionalnye-proekty/6469993?utm_source=yandex.ru&utm_medium=organic&utm_campaign=yandex.ru&utm_referrer=yandex.ru
- Абдрахманова Г.И., Быховский К.Б., Веселитская Н.Н. и др. Цифровая трансформация отраслей: стартовые условия и приоритеты: докл. к XXII Апрельской междунар. науч. конф. по проблемам развития экономики и общества. М., 13–30 апр. 2021 г. / Науч. ред. Л.М. Гохберг, П.Б. Рудник, К.О. Вишнеvский, Т.С. Зинина. М.: Изд. дом Высшей школы экономики, 2021. <https://conf.hse.ru/mirror/pubs/share/463148459.pdf>
- Frontier Technologies for sustainable development in Asia and the Pacific. United Nations ESCAP (Economic and Social Commission for Asia and the Pacific). 2018. <https://www.unescap.org/sites/default/files/publications/Frontier%20tech%20for%20SDG.pdf>
- CHIPS for America Act & FABS ACT // SIA. Semiconductor Industry Association. <https://www.semiconductors.org/chips/>
- Lewis J.A. Semiconductor and Modern Defense Spending // CSIS. Sept. 8, 2020. <https://www.csis.org/analysis/semiconductors-and-modern-defense-spending>
- Thomas W. FY21 NDAA: Dual-Use Technology Proposals. Publications August 26, 2020. <https://www.aip.org/fyi/2020/fy21-ndaa-dualuse-technology-proposals>
- Defence Technology Framework. Defence Science and Technology. UK Ministry of Defence. September 2019. https://assets.publishing.service.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/830139/20190829-DTF_FINAL.pdf
- Telley Ch. Info Ops Officer Offers Artificial Intelligence Roadmap. Breaking Defense. 2017, July 11. https://breakingdefense.com/2017/07/info-ops-officer-offers-artificial-intelligence-roadmap/?utm_source=hs_email&utm_medium=email&utm_content=54082310&_hsenc=p2ANqtz-8P9FMgC2MF1bCsHoMwJV7cehlzHbKsFUQN-Lur9IqA4KOqnCJlIGvO_V6akf-BIBZSfLiq2bdJex-q9of1zDcJsXhc0Nw&_hsmi=54082310aspx
- Бартош А.А. Кто, с кем и чем будет воевать в XXI веке // Независимое военное обозрение. 26.08.2021. https://nvo.ng.ru/gpolit/2021-08-26/1_1155_prognosis.html
- Yanakev Y., Vella G. Special Issue of Defence Technology Foresight // Journal of Defence & Security Technologies (JDST). 2020. V. 3. Is. 1. № 1. P. 1–6. https://www.researchgate.net/profile/Yantsislav-Yanakev-2/publication/342168494_Issue_on_Defence_Technology_Foresight/links/5f80166d92851c14bcb8fa2b/Issue-on-De-

- fence-Technology-Foresight.pdf?origin=publication_detail
26. Панкова Л.В., Гусарова О.В. Прорывные технологии и трансформация стратегии сдерживания // Контроль над вооружениями в новых военно-политических и военно-технологических условиях / Отв. ред. А.Г. Арбатов. М.: ИМЭМО РАН, 2020. С. 73–87.
 27. Emerging Military Technologies: Background and Issues for Congress. Congressional Research Service. November 10, 2021. <https://crsreports.congress.gov/product/details?prodcode=R46458>
 28. Поросков Н. Правительство расширило перечень современных технологий // Независимое военное обозрение. 2022. № 4. С. 12–13.
 29. Defense Primer: Emerging Technologies. Congressional Research Service. December 21, 2021. <https://crsreports.congress.gov/product/pdf/IF/IF11105>
 30. Программа фундаментальных научных исследований в Российской Федерации на долгосрочный период (2021–2030 годы). Утверждена распоряжением Правительства Российской Федерации от 31 декабря 2020 г. № 3684-п. <http://static.government.ru/media/files/skzO0DEvyFOIBtXobz-PA3zTyC7lcRAOi.pdf>
 31. Разящая кинетика, направленное действие, искусственный интеллект (интервью с Ю. Борисовым) // Независимое военное обозрение. 2022. № 13. С. 2.
 32. Bowns S., Gebicke S. From R&D investment to fighting power, 25 years later // McKinsey on Government. Spring 2010. № 5. P. 70–75. [https://www.mckinsey.com/~media/mckinsey/dotcom/client_service/](https://www.mckinsey.com/~media/mckinsey/dotcom/client_service/Public%20Sector/PDFS/McK%20on%20Govt/Full%20reports/TG_MoG_Issue5_final.ashx)
 33. Маркоткин Н., Черненко Е. Развитие технологий искусственного интеллекта в России: цели и реальность. 07 июля 2020 г. <https://carnegieendowment.org/2020/07/07/ru-pub-82173>
 34. ИТ в погонах. Информационные технологии на пятом МВТФ “Армия-2019” // Connect-WIT. 04 июля 2019 г. <https://www.connect-wit.ru/it-v-pogonah-br-br-informatsionnye-tehnologii-na-pyatom-mvtf-armiya-2019.html?ysclid=l56i77znls199130677>
 35. Finlan A. The shape of warfare to come: a Swedish perspective 2020–2045 // Defense & Security Analysis. 2021. V. 37. Is. 4. P. 472–491. <https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/14751798.2021.1995976>
 36. Investment in Artificial Intelligence Solutions Will Accelerate as Businesses Seek Insights, Efficiency, and Innovation, According to a New IDC Spending Guide // International Data Corporation (IDC). August 30, 2021. <https://www.idc.com/getdoc.jsp?containerId=prUS48191221>
 37. В России создана лаборатория по развитию квантового искусственного интеллекта // CNews. 08 июля 2020 г. https://www.cnews.ru/news/line/2020-07-08_v_rossii_sozdana_laboratoriya
 38. Квантовые технологии, искусственный интеллект, блокчейн — за ними будущее инноваций? Runa Capital о квантовых технологиях и их перспективах. 01 декабря 2020 г. <https://vc.ru/generations/182687-kvantovye-tehnologii-iskusstvennyy-intellekt-blokcheyn-za-nimi-budushchee-innovaciya>