



Научно-технические достижения как актуальные вызовы режиму нераспространения биологического оружия

Д.Л. Поклонский

Научно-исследовательский центр (экспертный, химических и биологических угроз) федерального государственного бюджетного учреждения «48 Центральный научно-исследовательский институт» Министерства обороны Российской Федерации, 111024, Российская Федерация, г. Москва, проезд Энтузиастов, д. 19
48cnii_expert-1@mil.ru

Поступила 31.08.2023 г. Принята к публикации 27.12.2023 г.

За последнее десятилетие достижения в области биологических наук и биотехнологии привели к появлению новых знаний и возможностей, которые бросают вызов существующим представлениям о биологических угрозах и биологическом оружии (БО). *Цель исследования* – оценить научные, инженерные и информационные решения, представляющие потенциальные угрозы режиму нераспространения биологического оружия и способные снизить барьеры для его разработки, производства и применения. *Материалы и метод исследования.* В работе были использованы источники, доступные через базы данных PubMed, Google Scholar и Российской электронной библиотеки. Метод анализа – описательный. *Результаты.* Возросший объем научных знаний в области биотехнологии служит стимулом для экспериментов с БО, в особенности для негосударственных субъектов, таких как террористические организации и экстремистские группы. Преобразующие изменения происходят в областях, напрямую не связанных с микробиологией, при этом потенциал их злонамеренного использования вызывает не меньшую озабоченность, чем разработка, производство и накопление БО. Прослеживается трансформация понятия «биологической угрозы», оно становится более комплексным, включая элементы из других областей, не связанных с биотехнологией и традиционным пониманием БО. К числу подобных технологий, имеющих непосредственное отношение к проблематике КБТО, помимо биотехнологии и синтетической биологии, могут быть отнесены: аддитивное производство, основанное на технологиях 3D-печати; анализ больших данных (Big Data) и технологии искусственного интеллекта; нанотехнологии и материаловедение, а также автоматизация биологических исследований и робототехника. *Выводы.* Многие возникающие технологии двойного назначения стали объектом пристального внимания научного сообщества и международных экспертов, но это не всегда способствует точному и сбалансированному пониманию их потенциала в контексте проблем КБТО. Конвергенция новых и возникающих дисциплин создает новые области научного знания, затрагивающие проблему нераспространения БО, что требует от экспертного сообщества сбалансированной оценки с точки зрения как возможности их двойного применения, так и риска чрезмерного запрещения и негативного влияния на дальнейший научно-технический прогресс.

Ключевые слова: анализ больших данных; биологическое оружие; генный синтез; искусственный интеллект; КБТО; нанотехнология; Протокол к КБТО; синтетическая биология.

Для цитирования: Поклонский Д.Л. Научно-технические достижения как актуальные вызовы режиму нераспространения биологического оружия. Вестник войск РХБ защиты. 2023;7(4):308–318. EDN:pwoutu.
<https://doi.org/10.35825/2587-5728-2023-7-4-308-318>

Scientific and Technological Advances as Current Challenges to the Biological Weapons Non-Proliferation Regime

D.L. Poklonskii

Scientific Research Center (Expert, Chemical and Biological Threats) of Federal State Budgetary Institution «48 Central Research Institute» of the Ministry of Defence of the Russian Federation, 111024, Russian Federation, Moscow, Entuziastov Passage, 19
48cnii_expert-1@mail.ru

Received September 9, 2023. Accepted December 27, 2023

The recent advances in biological sciences and biotechnology have resulted in new knowledge and capabilities that challenge existing understandings of biological threats and biological weapons (BW). *The purpose of the article* is to evaluate scientific and engineering decisions that pose potential challenges to the biological weapons non-proliferation regime and can reduce barriers to their development, production and use. *Materials and methods.* The scientific articles available through the PubMed, Google Scholar and Russian Electronic Library databases were used in the research. The method of analysis is the description. *The results of the research.* The success of biotechnology provides impetus for experimentation with biological weapons, particularly by non-state actors such as terrorist organizations and extremist groups. Transformative changes are occurring in areas not directly related to microbiology. However, the potential for their malicious use is no less of a concern than the development, production and stockpiling of biological weapons. The transformation of the concept of «biological threat» is traced. It becomes more complex and includes elements from other fields outside of biotechnology and the traditional understanding of biological weapons. In addition to biotechnology and synthetic biology, such technologies that are directly related to the BTWC issue, may include: additive manufacturing based on 3D printing technologies; big data analysis and artificial intelligence technologies; nanotechnology and materials science, as well as biological research automation and robotics. *Conclusion.* Many dual-use technologies have received close attention from the scientific community and international experts, but this does not always contribute to an accurate and balanced understanding of their potential in the context of BTWC issues. The convergence of new and emerging disciplines is creating new areas of scientific knowledge that address the problem of non-proliferation of biological weapons, which requires the expert community to make a balanced assessment from the point of view of both dual use and the risk of excessive prohibition and negative impact on further scientific and technological progress.

Keywords: big data analysis; biological weapons; gene synthesis; artificial intelligence; BTWC; nanotechnology; Protocol to the BTWC; synthetic biology.

For citation: Poklonskii D.L. *Scientific and Technological Advances as Current Challenges to the Biological Weapons Non-Proliferation Regime. Journal of NBC Protection Corps.* 2023;7(4):308–318. EDN:pwoutu. <https://doi.org/10.35825/2587-5728-2023-7-4-308-318>

Существующие на сегодняшний день международные инструменты, такие как Женевский протокол 1925 г.; Конвенция о запрещении биологического и токсинного оружия (КБТО), принятая в 1972 г.; резолюция СБ ООН 1540 от 28.04.2004 г. и ряд других документов, являясь основой режима нераспространения биологического оружия (БО), допускают использование научно-технических достижений биологии и микробиологии для профилактических, противоэпидемических

и иных мирных целей. В то же время нельзя не отметить, что режим нераспространения БО основывается на технологиях прошлого и не распространяется на новые технологии, которые могут быть использованы для разработки новых поражающих агентов БО и способов ведения биологической войны¹.

Цель исследования – оценить научные, инженерные и информационные решения, представляющие потенциальные угрозы режиму нераспространения биологиче-

¹ Тезисы материалов, изложенных в статье, докладывались на IV Международной конференции «Глобальные угрозы биологической безопасности. Проблемы и решения» (22–23 июня 2023 г., г. Сочи).

ского оружия и способные снизить барьеры для его разработки, производства и применения.

Материалы и метод исследования. В работе были использованы источники, доступные через базы данных PubMed, Google Scholar и Российской электронной библиотеки. Метод анализа – описательный.

Результаты исследования

Современное государство, стремящееся следовать документам, определяющим режим нераспространения БО, сталкивается как минимум с тремя проблемами:

первая – это способность юридически квалифицировать и различать противоправную деятельность и деятельность, осуществляемую в мирных целях;

вторая – своевременно выявлять и оценивать достижения науки и технологий с позиций их использования для разработки и производства БО;

третьим проблемным вопросом является выявление, оценка и взятие под контроль на-

учно-технических достижений, которые непосредственно не связаны с микроорганизмами или токсинами, но могут приводить к использованию информации или материалов в целях создания биологического оружия [1].

Эти проблемы не являются новыми для международного сообщества, учитывая, что подобные вопросы возникают каждый раз, когда внедряется новая научная разработка, создается информационная или технологическая платформа. В течение последних двух десятилетий на экспертном уровне предпринимались попытки решить указанные проблемы (таблица 1).

Перед каждой обзорной конференцией КБТО неправительственными и академическими организациями проводилась оценка научно-технических достижений, снижающих барьер для разработки БО. В ходе этой работы были изучены потенциальные риски методов геной терапии, синтетической биологии и редактирования генома.

В процессе межсессионной работы КБТО государствами-участниками также предпри-

Таблица 1 – Международные правовые инструменты, составляющие основу режима нераспространения биологического оружия

Наименование	Охватываемая сфера	Количество участников по состоянию на 1 октября 2023 г.	Год принятия
Женевский протокол	Применение на войне «удушливых, ядовитых или других подобных газов, равно как и всяких аналогичных жидкостей, веществ и процессов», а также бактериологических средств	146	Подписан: 1925
Конвенция о запрещении разработки, производства и накопления запасов бактериологического (биологического) и токсинного оружия и об их уничтожении	Разработка, производство и накопление бактериологического (биологического) и токсинного оружия и их уничтожение	185	Подписан: 1972
Австралийская группа	Контроль за экспортом материалов, технологий и программного обеспечения, которые могут способствовать разработке химического и биологического оружия	43	1985
Режим контроля за ракетными технологиями	Экспорт беспилотных летальных аппаратов, способных доставлять оружие массового поражения	35	1987
Механизм Генерального секретаря ООН по расследованию предполагаемых случаев использования химического и биологического оружия	Разрешение на расследование любого предполагаемого случая применения по просьбе Государства – члена ООН, включая выезд группы по установлению фактов использования	193	1987
Резолюция Совета Безопасности ООН 1540	Контроль деятельности негосударственных субъектов, которые могут разрабатывать, приобретать, производить, перевозить, передавать или применять ядерное, химическое или биологическое оружие	193	2004

Продолжение таблицы 1

Наименование	Охватываемая сфера	Количество участников по состоянию на 1 октября 2023 г.	Год принятия
Резолюция Совета Безопасности ООН 2325	Удержание террористов и других негосударственных субъектов от приобретения оружия массового поражения	193	2016
Поправки к ст. 8 Римского Статута Международного уголовного суда	Использование биологического оружия (микробиологические или другие биологические агенты, токсины) расценивается как военное преступление	123	2017

нимались попытки изучения потенциальных рисков, связанных с биотехнологиями. Например, в 2018 г. группа экспертов сосредоточилась на последствиях использования технологии CRISPR-Cas9 [2].

Экспертным сообществом в ограниченной степени обсуждались научные области и технологии, которые не имеют отношения к микробиологии, вирусологии или токсикологии – наукам, лежащим в основе традиционного понимания БО [3].

Риски, создаваемые технологиями синтетической биологии. За последнее десятилетие достижения в области биологических наук и биотехнологии привели к появлению новых знаний и возможностей, которые бросают вызов существующим представлениям о биологических угрозах.

Использование новых методов синтетической биологии привело к значительному росту биотехнологической отрасли. Инновации в этой сфере обеспечиваются многопрофильными группами ученых и инженеров, начиная от так называемых «гаражных» лабораторий и заканчивая транснациональными корпорациями.

Вовлеченность в проблематику широкого круга негосударственных структур, биотехнологических компаний и частных лиц делает затруднительным правовое регулирование в данной сфере.

В качестве примера можно привести деятельность компаний, осуществляющих синтез ДНК на коммерческой основе. Несмотря на попытки профильной отраслевой организации – Международного консорциума по геному синтезу (The International Gene Synthesis Consortium, IGSC) – отрегулировать деятельность в этой области, единых подходов до настоящего момента не выработано [4].

Одновременно технологии синтетической биологии, ставшие результатом кон-

вергенции информатики, биологических и инженерных дисциплин, расширяют область биологических рисков и создают инструменты для повышения патогенности микроорганизмов, воссоздания искорененных патогенов с помощью химического синтеза и получения высокоактивных биологических соединений посредством создания новых метаболических путей (рисунок 1).

Степень, в которой эти достижения имеют отношение к КБТО, зависит от их значимости для создания, модификации или доставки микроорганизмов и токсинов (таблица 2) [5].

Соответствующие озабоченности неоднократно обсуждались на профильных экспертных площадках, таких как КБТО, ВОЗ²



Рисунок 1 – Конвергенция научных дисциплин, расширяющая область биологических рисков [4]

² World Health Organization, Responsible Life Sciences Research for Global Health Security: A Guidance Document; 2010. <https://apps.who.int/iris/handle/10665/70507> (дата обращения: 10.09.2023).

и научный комитет Европейской комиссии³ [6–8]. Однако практика показывает, что научно-технические достижения в этих областях развиваются быстрее, чем за ними успевают политический и переговорный процессы.

За последние несколько лет ученые расширили генетический алфавит, создав не встречающиеся в природе нуклеиновые кислоты, разработали систему долговременного хранения ДНК и методы биопринтинга – 3D печати клеток и тканей [9].

С начала 2000-х гг. технологии, связанные с синтезом длинных фрагментов ДНК, постоянно совершенствовались, а их стоимость последовательно снижалась, что позволило проводить рутинный химический синтез генетических элементов.

Еще в 2002 г. из коротких олигонуклеотидов был получен вирус полиомиелита, что послужило началом дискуссии о публикации в открытой печати результатов исследований двойного назначения [10]. В 2017 г. канадская исследовательская группа опубликовала информацию о своих попытках воссоздать вирус оспы лошадей на основе опубликованной геномной последовательности [11]. Это исследование в очередной раз подчеркнуло озабоченность по поводу использования синтетической геномики для создания вирусов, информация о которых содержится в общедоступных базах данных, с использованием химического синтеза.

Одним из последних примеров являются исследования, проведенные в Бостонском университете в октябре 2022 г., когда был получен химерный вариант возбудителя коронавирусной инфекции, содержащий последовательности штамма «омикрон» и исходного «уханьского» варианта вируса [12]. Полученный модифицированный вирус в 80 % случаев вызывал гибель лабораторных животных, атипичные неврологические симптомы и тяжелое поражение легких. Проверка протективных свойств антител показала 11-кратное снижение их способности обезвреживать патоген, что свидетельствовало о низкой эффективности существующих вакцин в отношении синтезированного вируса.

За последние десять лет появились качественно новые технологии направленного изменения генома, наиболее распространенной из которых является технология направленного редактирования геномов – CRISPR (от англ. clustered regularly interspaced short palindromic repeats). Для промышленного производства одобрены сорта сельскохозяйственных культур (кукуруза, пшеница, яблоня), отредактированные с использованием технологии CRISPR-Cas9 [13]. Первые продукты на основе растений с отредактированным геномом поступили в свободную продажу в 2019 г.

Технология позволяет осуществлять модификацию клеток с гораздо большей лег-

Таблица 2 – Риски использования основных инструментов синтетической биологии для создания биологического оружия [5]

Основные концепции и инструменты синтетической биологии	Проектирование	Разработки	Испытания
Автоматизированное проектирование молекул	+	+	+
Метаболическая инженерия	+	–	–
Модификация гено типа человека	+	–	–
Конструирование ДНК	–	+	–
Редактирование генов и геномов	–	+	–
Конструирование библиотек	–	+	–
Доставка инженерных конструкций	–	+	+
Высокопроизводительный скрининг	–	+	+
Направленная эволюция	+	+	+
Примечание. «+» – умеренный и высокий риск использования технологии; «–» – незначительный риск использования технологии.			

³ Overview and preliminary reflection on the bioterrorism threat. Council of Europe, Strasbourg, France. Council of Europe Steering Committee on Counter-Terrorism (CDCT); 2020. <https://rm.coe.int/cdct-2020-05-overview-and-preliminary-reflection-on-the-bioterrorism-t/1680a02d00> (дата обращения: 10.09.2023).

костью, чем традиционные инструменты геномной инженерии, что создает весь спектр рисков, характерных для технологических платформ двойного назначения.

Хотя угрозы, сопряженные с генетическими преобразованиями, неоднократно обсуждались на площадке КБТО, внимание экспертов было сосредоточено на модификации вирусов и бактерий, в то время как техническое преимущество инструментов на основе CRISPR-Cas9 заключается в изменении клеток более сложных организмов, таких как грибы, растения и животные. Технология требует пристального внимания в контексте экспортного контроля, так как создает риски модификации насекомых-переносчиков инфекционных заболеваний, вредителей и сорных растений, наносящих ущерб сельскохозяйственным культурам [14].

В 2015 г. были начаты исследования, связанные с использованием инструментов на основе CRISPR-Cas9 (в частности, технология «геномного драйва») для внедрения желаемых признаков в популяции комаров с целью предотвратить распространение малярии. В рамках профилактики лихорадки Зика американская компания Oxitek получила разрешение на распространение в открытой атмосфере модифицированных комаров *Aedes aegypti*, несущих летальную мутацию [15].

Достижения в области системной биологии существенно расширили спектр потенциально опасных агентов, включив в него соединения, которые регулируют функционирование нервной, эндокринной и иммунной систем. С позиций КБТО важно понимать, что большая часть работы с серьезными последствиями для биобезопасности в данном случае не имеет ничего общего с манипуляциями с патогенами, а скорее лежит в сфере фундаментального понимания функционирования человеческого организма [16].

Существенные изменения также произошли в составе участников и порядке организации исследований в сфере синтетической биологии. Имеет место диверсификация персонала – с биологическими материалами и информацией стало работать больше инженеров и технических специалистов, не имеющих профильного биологического или медицинского образования [17].

Вызовы режиму нераспространения биологического оружия, обусловленные развитием науки и технологий в небιοлогических сферах. Хотя многие возникающие

технологии уже стали объектом пристального внимания научного сообщества и международных экспертов, это не всегда способствует точному и сбалансированному пониманию их потенциала в контексте проблем КБТО.

Перечень подобных технологий приведен в Докладе Генерального секретаря ООН «Текущие научно-технические достижения и их потенциальное влияние на международную безопасность и разоружение»⁴. К их числу отнесены аддитивное производство, основанное на технологиях 3D-печати; анализ больших данных (Big Data) и технологии искусственного интеллекта (ИИ); нанотехнологии и материаловедение, а также автоматизация биологических исследований и робототехника. Отмечается, что эти технологии расширяют так называемую «серую область» исследований, которые создают угрозу биологической безопасности и могут находиться вне зоны контроля над технологиями двойного назначения [18].

Так, например, использование нанотехнологий для направленного транспорта и проектирования молекулярных структур имеет серьезные последствия для здоровья и безопасности человека. Среди потенциальных рисков – доставка биологически активных соединений, таких как токсины или биорегуляторы, а также высокая системная токсичность препаратов, содержащих наночастицы [19].

Вместе с тем, достигнутая эффективность нанотехнологий в отношении адресной доставки лекарственных препаратов имеет важные последствия для КБТО. Это касается, например, второго пункта ст. I Конвенции, в котором говорится о запрещении «средств доставки, предназначенных для использования биологических агентов или токсинов».

Изменения в способах и скорости распространения научной информации также создают новые проблемы для управления биорисками в контексте КБТО. Хотя быстрое распространение знаний стало одним из факторов успеха в борьбе с пандемией COVID-19 (речь идет о быстром обмене геномной информацией для скоординированного на международном уровне процесса разработки вакцин) [20], остались проблемы управления этой информацией и риски ее использования в исследованиях двойного назначения.

В ходе пандемии сложилась ситуация, когда актуальная потребность в научных

⁴ Report of the Secretary-General. Current developments in science and technology and their potential impact on international security and disarmament efforts (A/75/221). United Nations Office for Disarmament Affairs; New York. www.un.org/disarmament (дата обращения: 18.09.2023).

результатах, по сути, не оставляла времени на оценку потенциала двойного назначения проводимых исследований, в особенности на его ранних этапах.

На сегодняшний день лишь незначительная часть академических журналов, публикующих результаты медико-биологических исследований, разработали политику оценки рисков двойного назначения. Примером являются публикации, связанные с реконструкцией вируса так называемого «испанского» гриппа, вызвавшего пандемию в 1918 г.⁵ и синтезом вируса оспы лошадей [9, 21].

Одно из недавних изменений в практике публикации связано с использованием серверов препринтов (публикаций, еще не прошедших рецензирование), таких как bioRxiv, medRxiv и SSRN, количество которых возрастает в последние годы [22]. Хотя публикация препринтов дает ряд преимуществ, включая быстрое распространение, оценку и обсуждение научных результатов, она требует от авторов ответственности и консультаций с экспертами по биобезопасности, которые проводятся далеко не всегда.

В условиях жесткого международного контроля над обычными вооружениями и взрывчатыми веществами, возросший объем научных знаний в области биотехнологии может послужить стимулом для экспериментов с биологическим оружием, в особенности для негосударственных субъектов, таких как террористические организации и экстремистские группы.

За последнее десятилетие машинное обучение и использование больших объемов данных во многом определили направление развития биотехнологий. Конвергенция ИИ и машинного обучения привели к тому, что существенные объемы собираемых данных стали доступными для анализа закономерностей и извлечения информации.

В контексте КБТО речь, в первую очередь, идет о секвенировании и анализе ДНК, что позволяет выявлять элементы генетического кода, ответственные за патогенность, устойчивость к лекарственным препаратам.

Анализ больших объемов генетических данных приближает нас к пониманию вирулентности и патогенеза как со стороны патогена, так и особенностей иммунного ответа со стороны хозяина. При этом доступ к секвенированным на сегодняшний день мил-

лионам геномов человека (часто со связанными с клиническими данными) позволяет картировать восприимчивость к инфекциям в определенных группах населения. Закрывать доступ к этим данным, значит затормозить развитие биологической науки. Но, как отмечено в докладе Международного комитета Красного Креста⁶, такого рода информация может быть использована, в том числе, для разработки оружия, ориентированного на этническую принадлежность [23].

Машинное обучение, применяемое к биологической инженерии, имеет большое значение с точки зрения выявления возможных биорегуляторов и токсинов, которые могут быть использованы в нарушение требований КБТО [24–26].

В ряде случаев автоматизация способна обеспечить анонимность субъектов, проводящих исследования, и невозможность атрибуции биотехнологического продукта с конкретной лабораторией. Примером являются так называемые «облачные лаборатории» (Transcriptic, Emerald Cloud), предлагающие любому желающему провести необходимые молекулярно-биологические эксперименты удаленно [27, 28]. При этом возможно осуществление синтеза необходимых компонентов и их доставка заказчику.

Риски использования ИИ хорошо иллюстрируются результатами исследований американской компании Collaborations Pharmaceuticals, которая разрабатывает модели вычислительного машинного обучения для прогнозирования токсичности. Целью опубликованного исследования было оценить, может ли коммерчески доступный генератор терапевтических соединений на основе ИИ быть использован для создания потенциальных агентов химического оружия [29].

Генератор, предназначенный для поиска новых ингибиторов терапевтических мишеней при различных патологиях, был обучен с использованием общедоступной базы данных химических соединений. В качестве критерия отбора был задан диапазон значений средней летальной дозы (LD_{50}), а круг поиска ограничен веществами нервно-паралитического действия, подобными VX. Менее чем через шесть часов после запуска модель сгенерировала порядка сотни тысяч молекул, которые оказались в пределах заданного порога токсичности.

⁵ Reconstruction of the 1918 Influenza Pandemic Virus. Centers for Disease Control and Prevention; 2021. <https://www.cdc.gov/flu/about/qa/1918flupandemic.htm> (дата обращения: 10.09.2023).

⁶ Biotechnology, weapons and humanity. An informal meeting of government and independent experts, 23–24 Sept. 2004. International Committee of the Red Cross. ICRC; 2004.

ИИ включил в выборку вещество VX, а также другие известные боевые отравляющие вещества [29].

Также было разработано много новых молекул, которые на основе предсказанной LD_{50} являются более токсичными, чем общеизвестные отравляющие вещества. Это оказалось неожиданным для авторов, поскольку наборы данных, которые были использованы для обучения ИИ, не включали эти соединения. Группа новых молекул занимала отдельную область в пространстве признаков, которая была полностью отделена от группы пестицидов, экотоксикантов и лекарственных препаратов [29].

Хотя физически ни одна из молекул не была синтезирована, авторы исследования признают, что существуют сотни коммерческих компаний, предлагающих химический синтез, и деятельность этих компаний регулируется недостаточно для того, чтобы предотвратить синтез новых ядовитых веществ, которые потенциально могут быть использованы в качестве химического оружия [29].

Влияние новых и возникающих технологий на положения КБТО. Важно понимать, что цифровизация и новые технологические платформы могут повлиять на реализацию практически всех статей КБТО [25].

Применительно к ст. I – это появление новых научно-технических достижений, выходящих далеко за рамки традиционного понимания биологического оружия, но снижающие при этом технические барьеры на пути разработки и доставки БО.

Ст. III – оцифровка биологических данных и растущие возможности секвенирования и редактирования ДНК создают серьезные проблемы для существующего режима экспортного контроля.

Ряд новых технологий вызывает серьезные вопросы с позиций этики, биобезопасности и биозащиты. Возможно, в контексте ст. IV придется переоценить, действительно ли государствами принимаются «необходимые меры для запрещения и предотвращения разработки, производства и накопления биологического оружия».

Новые технологии (большие данные и секвенирование ДНК) предоставляют гораздо более широкий спектр возможностей, с помощью которых можно подтвердить или

опровергнуть обоснованность утверждений о предполагаемых нарушениях КБТО (ст. VI).

В рамках ст. VII новые технологии повышают скорость и эффективность реагирования на вспышки болезней, что имеет ключевое значение для оказания помощи государствам, подвергающимся опасности в результате нарушения режима нераспространения БО.

Оцифровка биологических данных коренным образом меняет способ, которым ученые могут обмениваться информацией и сотрудничать в мирных целях по ст. X.

Конвергенция новых и возникающих дисциплин создает новые области научного знания, напрямую затрагивающие проблему нераспространения биологического оружия, что потребует от экспертного сообщества сбалансированной оценки с точки зрения как возможности их двойного применения, так и риска чрезмерного запрещения и негативного влияния на дальнейший научно-технический прогресс.

Особую значимость достижение подобного паритета приобретает в условиях односторонних ограничительных мер в отношении ряда государств-участников КБТО и высказываемых «коллективным западом» идей о необязательности проверочного механизма КБТО и разработки специального протокола, гарантирующего ее соблюдение. Данный тезис прослеживается в национальных рабочих документах и докладах неправительственных организаций – ВОЗ, ОЗХО, Интерпола, которые не являются профильными для реализации режима нераспространения биологического оружия.

Это в очередной раз подчеркивает востребованность инициативы Российской Федерации о возобновлении многосторонних переговоров в целях заключения недискриминационного, юридически обязывающего документа⁷, охватывающего все статьи КБТО на сбалансированной и всеобъемлющей основе и включающего меры проверки. Следует ожидать, что в ближайшем будущем появятся новые научно-технические достижения, непосредственно не связанные с биологией и медициной, но создающие риски нарушения КБТО. В этой связи уже сегодня представляется целесообразной выработка мер, которые позволят противодействовать текущим и будущим угрозам [1].

⁷ Protocol to the Convention on the Prohibition of the Development, Production and Stockpiling of Bacteriological (Biological) and Toxin Weapons and on Their Destruction. UNOG (United Nations Office Geneva); 2001. BWC/ADHOC GROUP/CRP.8. https://www.unog.ch/bwcdocuments/2001-04-ANG23/BWC_ANG_CRP.08.pdf (дата обращения: 10.09.2023).

Выводы

1. Формулировки ст. I КБТО позволяют включить в сферу рассмотрения более широкий спектр продуктов и технологий двойного назначения, снижающих технические барьеры на пути к разработке и доставке БО, даже если биологические материалы, технологии и знания в данный момент используются без осуществления процессов, направленных на разработку БО.

2. Необходимо расширить сферы действия существующих международных инструментов для предотвращения противоправ-

ного использования биологических данных, программного обеспечения, а также технологий и оборудования, позволяющих генерировать и обобщать биологические данные с целью поражения людей.

3. Проведение системного анализа новых достижений, технологических платформ и программных решений для понимания связанных с ними рисков и преимуществ, с последующим принятием соответствующих политических решений и устранением правовых пробелов.

Список источников/References

1. Berger KM, Casagrande RJ. Twentieth-century nonproliferation meets twenty-first-century biotechnology. *The Nonproliferation Review*. 2020;27(4-6):541–55. <https://doi.org/10.1080/10736700.2020.1819690>
2. Mackby J. *Experts Debate Biological Weapons Challenges*. Arms Control Today; 2018. www.armscontrol.org/act/2018-09/news/experts-debate-biological-weapons-challenges
3. Shearer MP, Montague M, Kobokovich A, Martin E, Connell N, Watson M, Gronvall GK. *Global Forum on Scientific Advances Important to the Biological & Toxin Weapons Convention*. Johns Hopkins Center for Health Security; 2019. www.centerforhealthsecurity.org/our-work/events/2019-global-forum/200925-2019GlobalForumMtgRpt.pdf
4. Trump BD, Cummings CL, Kuzma J, Linkov I, Eds. *Synthetic biology 2020: frontiers in risk analysis and governance*. Cham: Springer; 2020.
5. National Academies of Sciences, Engineering, and Medicine. *Biodefense in the Age of Synthetic Biology*. Washington, DC: The National Academies Press; 2018. <https://doi.org/10.17226/24890>
6. El Karoui M, Hoyos-Flight M, Fletcher L. Future Trends in Synthetic Biology – A report. *Front Bioeng Biotechnol*. 2019;7:175. <https://doi.org/10.3389/fbioe.2019.00175>
7. Cross G, Klotz L. Twenty-first century perspectives on the Biological Weapon Convention: Continued relevance or toothless paper tiger. *Bulletin of the Atomic Scientists*. 2020;76(4):185–91. <https://doi.org/10.1080/00963402.2020.1778365>
8. Ostrov N, Beal J, Ellis T, Gordon DB, Karas BJ, Lee HH, et al. Technological challenges and milestones for writing genomes. *Science*. 2019;366(6463):310–2. <https://doi.org/10.1126/science.aay0339>
9. Matai I, Kaur G, SeyedSalehi A, McClinton A, Laurencin CT. Progress in 3D bioprinting technology for tissue/organ regenerative engineering. *Biomaterials*. 2020;226:119536. <https://doi.org/10.1016/j.biomaterials.2019.119536>
10. Cello J, Paul AV, Wimmer E. Chemical Synthesis of Poliovirus CDNA: Generation of Infectious Virus in the Absence of Natural Template. *Science*. 2002;297(5583):1016–18. <https://doi.org/10.1126/science.107.2266>
11. Noyce RS, Lederman S, Evans DH. Construction of an infectious horsepox virus vaccine from chemically synthesized DNA fragments. *PloS One*. 2018;13(1):e0188453. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0188453>
12. Chen D, Kenney D, Chin C, Tavares AH, Khan N, Conway HL, et al. Role of spike in the pathogenic and antigenic behavior of SARS-CoV-2 BA.1 Omicron. *bioRxiv*. 2022.10.13.512134. <https://doi.org/10.1101/2022.10.13.512134>
13. Gan W, Lin A. CRISP/Cas9 in plant biotechnology: application and challenges. *BioTechnologia*. 2022;103(1):81–93. <https://doi.org/10.5114/bta.2022.113919>
14. El-Moandi K, Morales-Floriano ML, Garcia-Ruiz H. Principles, applications and biosafety of plant genome editing using CRISP-Cas9. *Front Plant Sci*. 2020;11:56. <https://doi.org/10.3389/fpls.2020.00056>

15. Ledford H, Callaway E. Gene Drive Mosquitoes Engineered to Fight Malaria. *Nature*. 2015.
<https://doi.org/10.1038/nature.2015.18858>
16. Nixdorff K. Developments in systems biology: implications for health and biochemical security. *The Nonproliferation Review*, 2021;27:1–15.
<https://doi.org/10.1080/10736700.2020.1865632>
17. Huigang L, Menghui L, Xiaoli Z, Cui H, Yuan Z. Development of and prospects for the biological weapons convention. *Journal of Biosafety and Biosecurity*. 2022;4:50–3.
<https://doi.org/10.1016/j.jobb.2021.11.003>
18. Mooney SJ, Westreich DJ, El-Sayed AM. Commentary: epidemiology in the era of big data. *Epidemiology*. 2015;26(3):390–4.
<https://doi.org/10.1097/EDE.0000000000000274>
19. Nixdorff K, Borisova T, Komisarenko S, Dando M. Dual-Use Nano-neurotechnology: An Assessment of the Implications of Trends in Science and Technology. *Politics Life Sci*. 2018;37(2):180–202.
<https://doi.org/10.1017/pls.2018.15>
20. Musunuri S, Sandbrink JB, Monrad JT, Palmer MJ, Koblentz GD. Rapid proliferation of pandemic research: implications for dual-use risks. *mBio*. 2021;12(5):e0186421.
<https://doi.org/10.1128/mBio.01864-21>
21. Frank GM, Adalja A, Barbour A, Casadevall A, Dormitzer PR, Duchin J, et al. Infectious Diseases Society of America and gain-of-function experiments with pathogens having pandemic potential. *J Infect Dis*. 2016;213(9):1359–61.
<https://doi.org/10.1093/infdis/jiv474>
22. Schloss PD. Preprinting microbiology. *mBio*. 2017;8(3):e00438-17.
<https://doi.org/10.1128/mBio.00438-17>
23. Khoury M, Iademarco M, Riley W. Precision public health for the era of precision medicine. *American Journal of Preventive Medicine*. 2016;50(3):398–401.
<https://doi.org/10.1016/j.amepre.2015.08.031>
24. Dananjayan S, Raj GM. Artificial intelligence during a pandemic: the COVID-19 example. *Int J Health Plann Manage*. 2020;35(5):1260–1262.
<https://doi.org/10.1002/hpm.2987>
25. Warmbrod K, Revill J, Connell N. *Advances in Science and Technology in the Life Sciences: Implications for Biosecurity and Arms Control*. Geneva, Switzerland: UNIDIR; 2020.
<https://doi.org/10.37559/SecTec/20/SandT>
26. Xu Y, Verma D, Sheridan RP, Liaw A, Ma J, Marshall NM, et al. Deep dive into machine learning models for protein engineering. *J Chem Inf Model*. 2020;60(6):2773–90.
<https://doi.org/10.1021/acs.jcim.0c00073>
27. Bajema N, DiEullis D, Lutes C, Lim Y-B. *The Digitization of Biology: Understanding the New Risks and Implications for Governance. Emergence & Convergence*. Research paper no. 3. National Defense University; 2018.
<https://wmdcenter.ndu.edu/Publications/Publication-View/Article/1569559/the-digitization-of-biologyunderstanding-the-new-risks-and-implications-for-go/>
28. Berger K, Schneek P. National and Transnational Security Implications of Asymmetric Access to and Use of Biological Data. *Front Bioeng Biotechnol*. 2019;7:21.
<https://doi.org/10.3389/fbioe.2019.00021>
29. Urbina F, Lentzos F, Invernizzi C, Ekins S. Dual Use of Artificial Intelligence-powered Drug Discovery. *Nat Mach Intell*. 2022;4(3):189–91.
<https://doi.org/10.138/s42256-022-00465-9>

Вклад авторов / Authors Contribution

Автор подтверждает соответствие своего авторства критериям ICMJE. Разработка концепции статьи; сбор, анализ и систематизация научной литературы; написание статьи / The author confirms that he meets the International Committee of Medical Journal Editors (ICMJE) criteria for authorship. Elaboration of the concept of the paper; collection, analysis, and systematization of scientific literature; writing and edition of the article.

Информация о конфликте интересов / Conflict of interest statement

Автор заявляет, что исследования проводились при отсутствии любых коммерческих или финансовых отношений, которые могли бы быть истолкованы как потенциальный конфликт интересов / The author declares that the research was conducted in the absence of any commercial or financial relationship that could be construed as a potential conflict of interest.

Сведения о рецензировании / Peer review information

Статья прошла двустороннее анонимное «слепое» рецензирование двумя рецензентами, специалистами в данной области. Рецензии находятся в редакции журнала и в РИНЦе / The article has been double-blind peer reviewed by two experts in the respective field. Peer reviews are available from the Editorial Board and from Russian Science Citation Index database.

Финансирование / Funding

Научно-исследовательский центр (экспертный, химических и биологических угроз) федерального государственного бюджетного учреждения «48 Центральный научно-исследовательский институт» Министерства обороны Российской Федерации / Scientific Research Center (expert, chemical and biological threats) of Federal State Budgetary Institution «48 Central Research Institute» of the Ministry of Defence of the Russian Federation

Об авторах / Authors

Научно-исследовательский центр (экспертный, химических и биологических угроз) федерального государственного бюджетного учреждения «48 Центральный научно-исследовательский институт» Министерства обороны Российской Федерации, 111024, Российская Федерация, г. Москва, проезд Энтузиастов, д. 19.

Поклонский Дмитрий Леонидович, начальник Центра, д-р техн. наук, профессор.

Контактная информация автора: Поклонский Дмитрий Леонидович; 48cnii_expert-1@mil.ru

Scientific Research Center (Expert, Chemical and Biological Threats) of Federal State Budgetary Institution «48 Central Research Institute» of the Ministry of Defence of the Russian Federation, 111024, Russian Federation, Moscow, Entuziastov Passage, 19.

Dmitrii L. Poklonskii. Head of the Center. Dr Sci. (Techn.), Professor.

Contact information for author: Dmitrii L. Poklonskii; 48 cnii_expert-1@mil.ru