

АНАЛИЗ ЗНАЧИМОСТИ ТЕХНОЛОГИЙ ДВОЙНОГО НАЗНАЧЕНИЯ В СОВРЕМЕННОМ РАССМОТРЕНИИ ПРОБЛЕМ БИОЛОГИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ

А.Л. Ковтун, доктор биологических наук, профессор, Д.Л. Поклонский, кандидат технических наук
ГОУ ВПО «Первый Московский государственный медицинский университет им. И.М. Сеченова»
E-mail: poklonsky@mail.ru

Обсуждаются проблемы биобезопасности, связанные с интенсивным развитием молекулярной медицины и биотехнологии. Приведены данные об эффективности принятой в США законодательной базы по ограничению технологий двойного назначения, а также эффективности международных законодательных инициатив в указанной области. Рассмотрены материалы исследований, опубликованных в ведущих естественнонаучных периодических изданиях и вызвавших в научном сообществе наиболее острое обсуждение с позиций биологической безопасности.

Ключевые слова: биобезопасность, молекулярная биология, технологии двойного назначения, нормативноправовое регулирование

ANALYSIS OF THE VALUE OF DUAL USE TECHNOLOGIES IN MODERN CONSIDERATION OF BIOLOGICAL SAFETY PROBLEMS

A.L. Kovtun, D.L. Poklonsky

State Budgetary Educational Institution of Higher Professional Education «I.M. Sechenov First Moscow State Medical University» of the Ministry of Health care and Social Development, Moscow, Russian Federation

The review discusses the biosafety issues related to the rapid development of molecular medicine and biotechnology. On an example of the USA data on efficiency of the accepted legislative base on restriction of dual use technologies, and also efficiency of the international legislative initiatives in the mentioned area are provided. Materials of the researches which have been published in leading natural science periodicals and have caused in scientific community the sharpest discussion from positions of biological safety are considered.

Key words: biosafety, molecular biology, dualuse technologies, standard and legal regulation

Проблема биобезопасности продолжает вызывать обеспокоенность мирового сообщества, что подчеркивается многочисленными заявлениями на международном уровне. Так, бывший Генеральный секретарь ООН Кофи Аннан заявил, что «...наиболее важной проблемой в сфере терроризма является возможное использование террористами биологического оружия...» [43]. Руководство Евросоюза считает, что «...биологическое оружие является одной из приоритетных целей террористов» [11]. Комиссия США по предотвращению распространения оружия массового поражения (ОМП) и терроризма предполагает, что наиболее вероятным видом ОМП, которое может быть использовано террористами, будет именно биологическое оружие [47]. В открытом докладе ЦРУ «Темное будущее биологического оружия» отмечено, что «...достижения биотехнологии могут способствовать созданию намного более опасных видов биологического оружия, чем известные сегодня человечеству возбудители инфекционных болезней...» [40].

События в США, связанные с террористическим применением сибирской язвы в 2001 г., показали, что теракты с использованием возбудителей инфекционных болезней могут быть совершены всего одним человеком и иметь при этом разрушительные социальные, политические и экономические последствия [39].

Особую остроту проблеме биотерроризма придает интенсивное развитие естественных наук. Технологии, стоявшие на переднем крае науки 20 лет назад (например, синтез ДНК), сегодня стали рутинной, а стоимость их реализации снизилась на порядки [37]. При этом вновь появившиеся области знаний, такие, как нанотехнологии, синтетическая биология и «обратная» генетика, открыли для исследователей новые горизонты, ранее казавшиеся недостижимыми [3, 13].

В декабре 2008 г. Комиссия США по предотвращению распространения ОМП и терроризма (Commission on the Prevention of Weapons of Mass Destruction Proliferation and Terrorism) опубликовала

доклад «Мир под угрозой». В докладе указывалось, что с высокой вероятностью уже до конца 2012 г. террористическими организациями будет применено ОМП [8]. При этом отмечено, что, скорее всего, это будет не ядерное или химическое, а биологическое оружие. По мнению авторов доклада, ключевой при этом является проблема технологий двойного назначения, решение которой видится в сотрудничестве и диалоге всех заинтересованных сторон: государственных и частных институтов и предприятий биотехнологической промышленности. В числе основных инструментов преодоления проблемы технологий двойного назначения называются использование одобренных международным сообществом руководящих документов, взаимодействие разведсообществ различных государств, а также активные меры противодействия: создание национальных систем обнаружения патогенов, диагностики заболеваний и поддержки принятия решений в случае биотеррористических угроз.

Под технологиями двойного назначения понимают технологии и научно-техническую информацию, которые используются в гражданских целях, но могут быть применены для производства вооружения и военной техники, в том числе ОМП (химического, биологического, ядерного) [1].

История технологий двойного назначения началась на заре эпохи ядерной физики, когда стало очевидно, что потенциал разрабатываемых методов, с одной стороны, открывает новые горизонты в энергетике и медицине, а с другой – может привести к созданию ОМП, беспрецедентного по поражающей силе. Предвидя потенциальные последствия экспериментов с делящимися ядрами, физик L. Scillard поднял перед коллегами вопрос о самоцензуре. Если потенциально опасные открытия держать в секрете, считал он, то создания ядерного оружия можно будет избежать [36].

Сегодня исследователи в области естественных наук оказались в схожей ситуации. Современные исследования в сфере биологии сопровождаются революционными достижениями, используемыми в медицине и фармацевтическом производстве. Одновременно результаты этих исследований, как и в других сферах деятельности, могут быть использованы в террористических целях.

Ниже рассмотрены материалы исследований, опубликованных в открытой печати, которые, по мнению M. Selgelid [36], должны быть критически оценены с точки зрения двойного назначения.

В 2001 г. группой австралийских исследователей получен штамм вируса оспы мышей с инсерцией гена интерлейкина ИЛ-4. По замыслу ученых, инфицированные мыши должны были утратить фертильность. Таким образом, распространение инфекции служило бы мерой борьбы с вредителями сельскохозяйственных культур и способствовало

контролю численности грызунов. К удивлению экспериментаторов, в результате инсерции был получен штамм, способный преодолевать иммунный барьер у животных, обладающих естественной невосприимчивостью к данному вирусу, а также у животных, вакцинированных против оспы мышей. Полученные результаты были опубликованы в «Journal of Virology» [14].

В исследовании, проведенном специалистами из университета Stony Brook в Нью-Йорке, был искусственно синтезирован жизнеспособный вирус полиомиелита. В связи с тем, что РНК-геном данного вируса известен и материалы о нем опубликованы в сети Интернет, исследователи смогли заказать и приобрести отдельные фрагменты генома, из которых был «собран» вирус, способный инфицировать мышей и вызывать их гибель [5]. После публикации результатов в журнале «Science» в 2002 г. авторы выступили с заявлением, что проведенные ими работы были попыткой привлечь внимание общественности к проблеме биотерроризма и доказать, что создание биологического оружия возможно и без получения природных изолятов патогенных микроорганизмов, а подобные методы генетического конструирования могут быть использованы для получения вирусов Эбола и натуральной оспы [31].

В 2002 г. в журнале «Proceedings of the National Academy of Sciences» была представлена ДНК-последовательность белка SPICE, продуцируемого вирусом оспы, а также опубликованы результаты изучения механизма, посредством которого указанный белок подавляет иммунную систему [33]. Отмечено, что полученные результаты могут быть использованы как для создания медицинских препаратов, так и для разработки методов повышения вирулентности близкородственных вирусов, например, вируса коровьей оспы, используемого в составе вакцинных препаратов [36].

Журнал «Science» в 2005 г. опубликовал статью о методах геномного синтеза, пригодных для реконструкции «испанки» – штамма вируса гриппа, вызвавшего пандемию в 1918–1919 гг. и ставшего причиной гибели по меньшей мере 20 млн человек [42]. В статье подчеркивалось, что подобные методы могут быть использованы как для создания лекарственных препаратов, так и для других, неблагоприятных целей [36].

Каждая из перечисленных публикаций вызвала ожесточенные дискуссии. Оппоненты утверждали, что подобные исследования не должны проводиться, а их результаты не следует публиковать в открытой печати. В случае же публикации раздел «Материалы и методы» следует подвергать жесткой цензуре или исключать вовсе.

Сторонники свободы печати в качестве аргумента приводили важность получаемых результатов

для научного сообщества и возможность разработки средств защиты от вновь выявленных угроз. Так, в случае публикации с реконструкцией штамма вируса гриппа была высказана мысль, что преимущества, которые дает для медицины опубликованная информация, перевешивают потенциальные риски ее использования в террористических целях. При этом особое внимание должно уделяться точности описания материалов и методов исследования как неотъемлемой и решающей части научного эксперимента.

Широкое обсуждение перечисленных публикаций поставило вопрос о необходимости государственного регулирования в данной области и выработки соответствующих политических решений.

Так, в 2003 г. авторы и издатели авторитетных научных изданий (Science, Nature, Proceedings of the National Academy of Sciences и др.) опубликовали совместное «Заявление о научных публикациях и безопасности». В указанном документе декларировалось, что издатели обязуются «...осуществлять оценку публикуемых материалов с позиций безопасности...», и в случаях, когда «...потенциальные риски, связанные с публикуемой информацией, будут перевешивать выгоды от нее...», статьи будут подвергнуты цензуре или не будут опубликованы [16].

В 2004 г. Научно-исследовательский совет США (USA's National Research Council) опубликовал расширенный доклад под названием «Биотехнологические исследования в эпоху терроризма», известный также как доклад Финка (Fink Report) [25]. Среди механизмов регулирования доступности информации в докладе называются:

- повышение осведомленности научного сообщества о проблеме технологий двойного назначения в ракурсе проблем биобезопасности и борьбы с биологическим терроризмом;
- расширение полномочий институциональных комитетов по биобезопасности в вопросах ограничения публикации спорных с точки зрения двойного назначения результатов;
- повышение роли самоцензуры научной ответственности (как противовеса государственной цензуре) при подготовке материалов, направляемых в печать;
- создание нового консультативного органа, призванного осуществлять координацию действий правительства в отношении технологий двойного назначения.

В США таким органом стал созданный в 2004 г. Национальный консультативный совет по биозащите (National Science Advisory Board for Biosecurity – NSABB). Основными задачами рабочих групп NSABB являются разработка и обоснование критериев определения технологий двойного назначения; разработка инструментов контроля за распространением «спорной» информации; разработка кодексов

этического поведения ученых; разработка рекомендаций для правительственных органов в сфере генетического синтеза и международного сотрудничества в области контроля за технологиями двойного назначения [26].

Показательна реакция NSABB в ситуации с упоминаемой публикацией об «испанке». При рассмотрении материалов данной статьи все члены совета проголосовали за публикацию. Впоследствии главный редактор «Science» признался, что опубликовал бы статью даже в случае отрицательного решения NSABB [18]. Это характеризует сложившуюся в научном мире ситуацию, при которой издатели в основном полагаются на самоцензуру авторов. При этом направление документов в NSABB является добровольным, а его решения не имеют юридической силы.

Вместе с тем высказывается мнение, что подобную ситуацию надо менять. Поскольку большинство научного сообщества не являются экспертами в вопросах безопасности, они, как правило, не имеют возможности оценить негативные последствия публикации той или иной статьи, что хорошо иллюстрируется статьей про оспу мышей. Оценка риска возможных негативных последствий публикации требует от авторов знания специфики возбудителя оспы как потенциального оружия террористов, особенностей эпидемического распространения данного заболевания и другой узкоспециализированной информации, которой владеют лишь эксперты в области биобезопасности [35].

Одной из причин нецелесообразности существующего подхода, основанного на самоцензуре авторов, можно считать возникающий конфликт интересов: публикации, особенно содержащие передовые и критические для развития науки результаты, всегда являлись неотъемлемым элементом успешной научной карьеры. В этом аспекте проблема технологий двойного назначения выходит на новый уровень и обуславливает конфликт между развитием науки и обеспечением безопасности. Общепризнанно, что критические с точки зрения двойного назначения материалы должны быть всесторонне оценены перед публикацией, после чего необходимо сделать выбор либо в пользу прогресса науки, либо в пользу безопасности. При этом ученые вследствие особенностей менталитета чаще делают выбор в пользу науки. Эксперты по биобезопасности, в свою очередь, обычно делают противоположный выбор, превращая проблему в классический пример диалектического противоречия.

Таким образом, при выработке политических решений по ограничению распространения информации о технологиях двойного назначения важно соблюсти паритет между свободой слова, прогрессом науки и вопросами безопасности.

Следует отметить, что проблема технологий двойного назначения содержит и этическую составляющую, хотя ее рассмотрением занимаются эксперты в области безопасности, а не специалисты по этике. Вместе с тем до последнего момента этический аспект данной проблемы серьезно не исследовался, что странно, с учетом большого количества публикаций по биоэтике научных исследований, а также проблемам этических и социальных последствий геномных экспериментов и защиты добровольцев, участвующих в испытаниях лекарственных препаратов.

Литература по биоэтике геномных исследований в основном сосредоточена на потенциальных экологических рисках рекомбинантной ДНК, проблемах генетического тестирования и связанной с ними дискриминацией со стороны работодателей и страховых компаний, а также евгенике и ДНК-дактилоскопии [35].

Среди публикаций по проблеме биоэтики следует отметить книгу R. Cooke-Deegan по истории проекта «Геном человека», содержащую главу «Генные войны» [7]. В этой главе автор рассуждает о политических и этических аспектах науки. При этом проводится явная параллель между современной генетикой и атомным оружием. По мнению автора, на сегодняшний день возможности генетики сопоставимы с возможностями ядерной физики, в связи с чем политические и социальные решения, принимаемые в области генетических исследований, должны быть более взвешенными, чем решения, которые когда-то принимались в ядерной сфере.

В рамках работы по противодействию угрозе биотерроризма специалистами Европейского центра по контролю и предупреждению болезней (ECDC) была проведена экспертная оценка публикаций, направленных в печать в период 1997–2008 гг., с точки зрения наличия в них информации о технологиях двойного назначения, которые могли бы быть использованы террористами. В результате экспертами были выявлены технологии, воспроизвести которые наиболее просто. Ключевыми параметрами при выборе были требования к профессиональной квалификации исполнителя, а также необходимое аппаратно-технологическое оснащение. По каждому из параметров экспертами проставлялись оценки от 1 до 3 для каждого потенциально опасного вида деятельности, затем оценки экспертов суммировались и усреднялись.

Таким образом, чем больше сумма баллов, полученная для того или иного вида деятельности, тем наиболее вероятно его воспроизведение террористическими организациями (см. таблицу).

Данные таблицы иллюстрируют весь спектр угроз, связанных с использованием террористами последних достижений биологических наук. Наиболее легко воспроизводятся и, как следствие, наиболее при-

влекательны для террористов «низкотехнологичные» виды деятельности, не требующие использования инновационных методов. Это весомый аргумент для сторонников открытой публикации научных достижений – в соответствии с результатами экспертного опроса террористы вряд ли смогут воспроизвести высокотехнологичные методы исследований, требующие специального образования и соответствующих навыков работы.

Вместе с тем, по мнению экспертов, успех решения столь сложной задачи требует не просто наличия оборудования и квалифицированных специалистов, но и наличия у последних научной интуиции, институциональной памяти, умения нестандартно мыслить [22, 28].

Так, в ходе интервью с научной группой под руководством E. Wimmer, осуществившей сборку вируса полиомиелита, было отмечено, что воспроизведение опубликованного эксперимента представляет собой достаточно сложную и трудоемкую задачу даже для квалифицированных вирусологов, в совершенстве владеющих методологией подобных исследований [44].

Это свидетельствует о том, что при прогнозировании вероятных биотерактов особое внимание должно быть уделено методам «низкотехнологического» получения возможных компонентов биологического оружия [41].

В авторитетном обзоре, посвященном истории террористического и криминального использования биологического оружия [4], ставится под сомнение «...легкость, с которой террористические группы могут вызвать массовые поражения...». Об этом, в частности, свидетельствует опыт секты «Аум Синрике», члены которой в 1990 г. безуспешно пытались приобрести возбудитель сибирской язвы и ботулинический токсин и применить их. Схожая ситуация, как считается, сложилась с террористической организацией «Аль-Каида», члены которой также не смогли приобрести и квалифицированно осуществить работы с патогенами [21].

Вместе с тем нельзя утверждать, что «высокотехнологичные» виды деятельности следует исключить из обсуждения проблемы биотерроризма, хотя научное сообщество, заинтересованное в открытой публикации материалов, выступает за необходимость пересмотра роли «высокотехнологичных» видов деятельности при рассмотрении спектра биотеррористических угроз [5, 32].

Другая точка зрения заключается в том, что реализация мер противодействия биотерроризму необходима в отношении всего перечня угроз, вне зависимости от степени их «технологичности» [6, 30]. Среди подобных мер называются разработка высокоэффективных средств диагностики, профилактики и лечения инфекционных заболеваний; расширение возможностей общественного здравоохранения

**РЕЗУЛЬТАТЫ ЭКСПЕРТНОЙ ОЦЕНКИ УРОВНЯ УГРОЗЫ
РАЗЛИЧНЫХ ВИДОВ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ, СВЯЗАННЫХ С БИОТЕРРОРИЗМОМ [38]**

Вид деятельности	Критерии оценки		Уровень угрозы**
	требуемый уровень квалификации*	требуемый уровень технологического оснащения*	
Искусственное распространение биологических средств путем загрязнения продуктов питания и воды на конечных стадиях распределительной цепочки	3	3	9
Повышение степени сохраняемости биологических средств в условиях окружающей среды (например, посредством микрокапсулирования)	2	2	4
Придание возбудителям инфекционных болезней устойчивости к антибиотикам и противовирусным препаратам	2	2	4
Создание технологических линий по производству биологических средств	2	2	4
Искусственное распространение биологических средств путем загрязнения продуктов питания, воды и пищи на начальных стадиях распределительной цепочки	3	1	3
Распространение биологических средств в виде порошка или аэрозоля	1	2	2
Получение вирусов посредством синтеза	2	1	2
Снижение эффективности вакцинных препаратов	1	1	1
Модификации с целью повышения вирулентных свойств возбудителей инфекционных болезней	1	1	1
Модификации с целью изменения перечня восприимчивых к патогену биологических видов	1	1	1
Модификации с целью придания непатогенным для человека микроорганизмам свойства вирулентности	1	1	1
Модификации с целью активации факторов патогенности микроорганизмов	1	1	1
Модификации с целью повышения трансмиссивных свойств патогенов	1	1	1
Модификации с целью повышения инфекционных свойств патогенов	1	1	1
Инсерции факторов вирулентности	1	1	1
Инсерции генов хозяина с целью модификации иммунного ответа	1	1	1
Создание новых патогенов	1	1	1
Повышение стабильности патогенов в условиях окружающей среды посредством модификации генома	1	1	1
Удаление из генома детектируемых (диагностируемых) участков	1	1	1
Придание генетическим конструкциям тканеспецифических свойств	1	1	1

Примечание: * Низкий уровень – 3; средний уровень – 2; высокий уровень – 1. ** Уровень угрозы определялся как произведение оценок, выставленных по каждому из критериев.

по противодействию угрозе распространения болезней [2].

Преимущество такого подхода в том, что он наиболее полно охватывает весь спектр угроз, создаваемых инфекционными болезнями, вне зависимости от их источника (террористическая деятельность, естественное появление новых заболеваний, расширение заболеваемости в результате глобальной миграции и т.д.) [15, 24, 46]. Необходимо отметить, что подобная

точка зрения получила государственную поддержку в США [27] и Евросоюзе [6].

Вместе с тем принимаемые нормативные акты, призванные снизить биотеррористическую угрозу, не всегда приводят к желаемому результату. На примере США, где принят ряд документов по предотвращению террористической угрозы (Патриотический акт США 2001 г. и Закон о противодействии биотерроризму 2002 г.), был проведен библиографический анализ

доступных литературных источников, посвященных изучению возбудителя сибирской язвы и вируса Эбола [9].

Исследования были проведены на основе информации, содержащейся в базе данных Института научной информации (ISI). В качестве критериев анализа были использованы: общее число публикаций в течение года, число исследовательских статей, скорость вовлечения в проблему новых авторов. Как показали результаты анализа международного сотрудничества, несмотря на введение ограничительных мер, с 2002 г. сеть исследовательских организаций, изучающих возбудителя сибирской язвы и вирус Эбола, расширилась. Сотрудничество исследовательских центров с ненаучными организациями в пределах США также расширилось, при этом контракты с зарубежными институтами были расторгнуты, а приоритет отдан научным организациям в пределах США.

Одновременно были выявлены следующие негативные тенденции: увеличилась текучесть кадров, занятых исследованиями с указанными выше патогенными возбудителями по сравнению с непатогенным референс-микроорганизмом (*Klebsiella pneumoniae*). Кроме того, показана существенная потеря эффективности исследований в проблемной области: так, окажется, что затраты на изучение сибирской язвы и вируса Эбола выросли примерно в 2–5 раз, если в качестве критерия эффективности использовать количество научных публикаций на единицу затраченных денежных средств [9].

Упомянутые выше законодательные акты США регламентируют список микроорганизмов и токсинов, представляющих опасность для здравоохранения, а также порядок их хранения, обращения и транспортировки. Лица, осуществляющие работы с такими микроорганизмами, проходят проверку со стороны ФБР. Кроме того, в законах оговорены требования к научно-исследовательским учреждениям, осуществляющим работы с патогенными микроорганизмами; ограничения, накладываемые при работе, а также ответственность за нарушение этих законов [10].

В 2002 г. Комитет Конгресса США по исследованиям предупредил о потенциальных негативных последствиях принятия законов о борьбе с биотерроризмом, связанных прежде всего с дополнительными финансовыми затратами, трудностями обмена научной информацией и потерей квалифицированных иностранных специалистов [19]. Более 20% ученых, осуществляющих работы с патогенными микроорганизмами, при опросе, проведенном в 2004–2005 гг., заявили, что введение нового законодательства в сфере борьбы с биотерроризмом негативно сказалось на их способности к научному сотрудничеству. Более 40% опрошенных отметили, что средства, выделяемые на научные разработки,

пришлось использовать для усовершенствования систем безопасности [20]. Также отмечено, что исследователи вынуждены были отказываться от грантов, выделяемых Министерством внутренней безопасности (МВБ) из-за сложных бюрократических процедур и необходимости соблюдения всего комплекса мер по безопасности [45]. Более того, Национальным научно-консультативным советом США был опубликован доклад, в котором ограничение обмена научной информацией о возбудителях инфекционных заболеваний уже само по себе рассматривалось как угроза национальной безопасности [12].

Одной из целей упомянутого исследования по анализу количества научных публикаций было получить ответ на вопрос, является ли принятие нового «ужесточающего» законодательства стимулом для отказа от вирулентных штаммов в пользу авирулентных микроорганизмов и субклеточных фракций? Известно, что один из способов продолжить исследовательскую работу и при этом соответствовать правилам безопасности – это переход на непатогенные штаммы или клеточные компоненты.

Исследование числа публикаций, проведенное с использованием методов множественной регрессии, показало, что ответ на этот вопрос неоднозначен: после 2002 г. количество исследований с использованием вирулентных штаммов сибирской язвы уменьшилось; вместе с тем для другого контрольного микроорганизма (вирус Эбола) и референс-микроорганизма (*Klebsiella pneumoniae*) наблюдалась обратная картина. На основании этого организаторами исследования был сделан вывод, что принятие «ужесточающего» законодательства не влияет непосредственно на выбор объекта исследования, хотя многие ученые с мировым именем отказались от проведения исследований с патогенами в свете новых жестких требований [36].

Для определения «привлекательности» данной области научных исследований была проанализирована скорость привлечения и оттока специалистов, задействованных в исследованиях с патогенными микроорганизмами. Глубина ретроспективного поиска составила 16 лет (с 1992 по 2007 гг.); исследования проводились методом множественной линейной регрессии. Полученные результаты свидетельствуют о большей заинтересованности авторов в исследовании патогенов (*B. anthracis* и *Ebola virus*), чем контрольных микроорганизмов (*Klebsiella pneumoniae*) [9].

Введение нового законодательства повлияло и на характер международного сотрудничества, оцениваемый по количеству работ с международной кооперацией исполнителей. Так, количество международных исследовательских проектов по вирусу Эбола увеличилось после 2002 г., что обусловлено несколькими вспышками, вызванными данным вирусом. В связи с

усложнением процедур транспортировки и передачи патогенов международное сотрудничество приобрело некий «виртуальный» характер, не предполагающий обмена образцами. Одновременно авторы исследования отмечают снижение количества международных проектов с использованием непатогенных микроорганизмов [9].

В ходе опроса американские ученые, проводящие исследования с возбудителем сибирской язвы и вирусом Эбола, отметили, что процесс научной кооперации стал значительно более медленным и утомительным из-за введенных ограничений по передаче патогенов. Почти все респонденты жаловались на увеличение (примерно вдвое) документооборота и бюрократические проволочки. Кроме того, опрошенные отмечали длительность процедур проверки принимаемых на работу сотрудников органами безопасности, в том числе ФБР.

Вместе с тем необходимо отметить, что принятие ужесточающего законодательства существенно не повлияло на объем исследований, проводимых с вирулентными штаммами *V. ebola* и *B. anthracis*, хотя, по мнению некоторых авторов, эффективность этих исследований снизилась [9] при одновременном увеличении количества публикаций и числа авторов, вовлеченных в данную тематику.

На основании изложенного выше можно сделать вывод, что эффективность принятого в США законодательства по борьбе с биотерроризмом оказалась не слишком высока, а в отдельных случаях нормативные акты обусловили эффект, обратный желаемому. Это служит объективным доказательством того, что проблемы биобезопасности являются комплексными и трудно прогнозируемыми, а сама законодательная база должна постоянно совершенствоваться.

В заключение хотелось бы отметить роль международных законодательных инициатив по обеспечению биобезопасности и борьбе с терроризмом.

По мнению экспертов, роль негосударственных исследовательских компаний в биотехнологических исследованиях неуклонно возрастает [38]. При этом

увеличивается риск создания или приобретения ими компонентов биологического оружия, что потребовало разработки мер международного правового регулирования. К ним относится «Инициатива по нераспространению ОМП» (Proliferation Security Initiative – PSI), а также Резолюция Совета безопасности ООН №1540, ограничивающая деятельность негосударственных организаций по производству и приобретению материалов, которые могут быть использованы для производства химического и биологического оружия [23, 29]. Практические мероприятия по Резолюции №1540 поддерживаются Международным комитетом Красного Креста, Интерполом и Организацией экономического сотрудничества и развития [34].

В числе одной из мер противодействия биотерроризму следует отметить экспортный контроль, призванный исключить возможность использования экспортируемых товаров для создания ОМП. Важную роль в формировании стандартов экспортного контроля играет Австралийская группа – неформальное объединение государств, совместно разрабатывающих гармонизированные меры по контролю экспортируемых товаров, и Вассенаарские договоренности по контролю за обычными вооружениями и технологиями двойного назначения. Вместе с тем эффективность указанных международных инициатив ставится под сомнение [17]: в Австралийскую группу не входит целый ряд государств с интенсивно развивающейся биотехнологической промышленностью, а Вассенаарские договоренности не имеют четко прописанного механизма контроля и ответственности стран-участниц.

Подводя итог, необходимо подчеркнуть, что характер угроз в области биобезопасности постоянно меняется, вклад в это вносят различные экономические, политические и научно-технические факторы. Для решения указанной проблемы необходим многосторонний подход, основанный на международно признанных руководящих принципах и эффективном национальном законодательстве, отражающем достигнутый уровень науки и техники.

ЛИТЕРАТУРА

1. Об утверждении Положения об осуществлении контроля за внешнеэкономической деятельностью в отношении товаров и технологий двойного назначения, которые могут быть использованы при создании вооружений и военной техники / Постановление Правительства РФ от 7 июня 2001 г. № 447.
2. Онищенко Г.Г., Пальцев М.А., Зверев В.В. и др. Биологическая безопасность. – М.: ОАО «Издательство «Медицина». – 2006. – 304 с.
3. Шмелев В.М., В.Ф. Демин, И.Е. Захарченко. О мерах противодействия рискам нанобиотехнологий. В кн.: Труды международной научно-технической конференции «Нанотехнологии функциональных материалов», 27–29 июня 2012 г. С.-Петербург. – С.-П. Изд. Политехнического университета, 2012. – С. 714–9.
4. Carus W. Bioterrorism and biocrimes: the illicit use of biological agents since 1900. February 2001 revision / Center for Counterproliferation Research, National Defense University, Washington (D.C.). – 2001.
5. Cello J., Paul A., Wimmer E. Chemical synthesis of poliovirus cDNA: Generation of infectious virus in the absence of natural template // Science. – 2002; 297: 1016–8.
6. Commission of the European Union. Green paper on bio-preparedness / European Commission. – Brussels, 2007.
7. Cooke-Deegan R. The gene wars: science, politics, and the human genome. – New York: Norton, 1994.
8. D'Agostino M., Martin G. The bioscience revolution & the biological weapons threat: levers & interventions // Globalization and Health. – 2009; 5 (3): 1–5.
9. Diasa M., Reyes-Gonzalez L., Veloso F. Effects of the USA PATRIOT Act and the 2002 Bioterrorism Preparedness Act on select agent research in the United States // PNAS. – 2010; 107 (21): 9556–61.
10. Enserink M. US Courts. 'Disappointed' Butler exhausts appeals // Science. – 2006; 312: 1120.
11. European Union strategy against the proliferation of weapons of mass destruction / The Council of the European Union // Document no. 15708/3. Brussels: Council of the European Union. 10 December 2010.

12. Franz D., Ehrlich S., Casadevall A. et al. The «nuclearization» of biology is a threat to health and security // *Biosecur. Bioterror.* – 2009; 7: 243–244.
13. Gibson D., Glass J., Lartigue C. et al. Creation of a bacterial cell controlled by a chemically synthesized genome // *Science.* – 2010; 329: 52–6.
14. Jackson R., Ramsay A., Christensen C. et al. Expression of mouse interleukin-4 by a recombinant ectromelia virus suppresses cytolytic lymphocyte responses and overcomes genetic resistance to mousepox // *J. Virol.* – 2001; 75: 1205–10.
15. Jones K., Patel N., Levy M. et al. Global trends in emerging infectious diseases // *Nature.* – 2008; 451: 990–4.
16. Journal Editors and Authors Group. Uncensored exchange of scientific results // *Proc Natl Acad Sci USA.* – 2003; 100: 1464.
17. Keller W., Nolan J. The Arms Trade: Business As Usual? // *Foreign Policy.* – 1997; 109: 113–25.
18. Kennedy D. Better never than late // *Science.* – 2005; 310: 195.
19. Knezo G. Possible Impacts of Major Counter Terrorism Security Actions on Research, Development, and Higher Education. Congressional Research Service Report to Congress. – 2002. – Library of Congress, Washington, DC.
20. Laboratory Biosecurity: A Survey of the US Bioscience Community // Sandia National Laboratories, SAND N° 2006–1197P. – 2006.
21. Leitenberg M. Assessing the biological weapons and bioterrorism threat / Strategic Studies Institute, U.S. Army War College, Carlisle (Pennsylvania), 2005.
22. MacKenzie D., Spinardi G. Tacit knowledge and the uninvention of nuclear weapons. In: MacKenzie D. ed. *Knowing machines: essays on technological change.* Cambridge (Massachusetts): MIT Press, 1996.
23. McLeish C., Nightingale P. Biosecurity, bioterrorism and the governance of science: The increasing convergence of science and security policy // *Research Policy.* – 2007; 36: 1635–54.
24. Microbial threats to health: emergence, detection, and response / Institute of Medicine Washington (D.C.): National Academy Press, 2003.
25. National Research Council. *Biotechnology research in an age of terrorism.* Washington, DC: National Academies Press, 2004.
26. National Science Advisory Board for Biosecurity. Available from: <http://www.biosecurityboard.gov> (accessed on 19 June 2009).
27. National strategy for countering biological threats / The White House & US National Security Council, 2009.
28. Nightingale P. Technological capabilities, invisible infrastructure and the unsocial construction of predictability: the overlooked fixed costs of useful research // *Res. Policy.* – 2004; 33: 1259–84.
29. Nonproliferation of weapons of mass destruction // United Nations Security Council Resolution 1540. – 2004. – S/RES/1540.
30. O'Toole T., Inglesby T. Strategic priorities for U.S. biosecurity // *Biosecur. Bioterror.* – 2009; 7: 25–8.
31. Pollack A. Scientists create a live polio virus // *New York Times.* 2 July 2002.
32. Reiman D.A. The biological century: coming to terms with risk in the life sciences // *Nat. Immunol.* – 2010; 11: 275–8.
33. Rosengard A., Liu Y., Nie Y. Variola virus immune evasion design: expression of a highly efficient inhibitor of human complement // *Proc. Natl. Acad. Sci. USA.* – 2002; 99: 8808–13.
34. Salerno R., Hickok L. Strengthening Bioterrorism Prevention: Global Biological Materials Management. *Biosecurity & Bioterrorism: Biodefense Strategy* // *Practice & Science.* – 2007; 5 (2): 107–16.
35. Selgelid M. A tale of two studies: ethics, bioterrorism, and the censorship of science // *Hastings Cent. Rep.* – 2007; 37: 35–43.
36. Selgelid M. Governance of dual-use research: an ethical dilemma // *Bull World Health Organ.* – 2009; 87: 720–3.
37. Service R. The race for the \$1000 genome // *Science.* – 2006; 311: 1544–6.
38. Suk1 J., Zmorzynska A., Hunger I. et al. Dual-Use Research and Technological Diffusion: Reconsidering the Bioterrorism Threat Spectrum // *PLoS Pathogens.* – 2011; 7 (1).
39. The Clock Is Ticking: A Progress Report on America's Preparedness to Prevent Weapons of Mass Destruction Proliferation and Terrorism // Commission on the Prevention of Weapons of Mass Destruction Proliferation and Terrorism. – Washington, D.C., 2009.
40. The darker bioweapons future / Central Intelligence Agency, November 3, 2003. Available from: <http://www.fas.org/irp/cia/product/bw1103.pdf>
41. Tucker J., Sands A. An unlikely threat // *Bull. Atom. Sci.* – 1999; 55: 46–52.
42. Tumpey T., Basler C., Aguilar P. et al. Characterization of the reconstructed 1918 Spanish influenza pandemic virus // *Science.* – 2005; 310: 77–80.
43. Uniting against terrorism: recommendations for a global counterterrorism strategy, report of the Secretary-General / United Nations Report A/60/825. Geneva: United Nations. 10 December 2010.
44. Vogel K. Framing biosecurity: An alternative to the Biotech Revolution Model? // *Sci. Pub. Pol.* – 2008; 35: 45–54.
45. Wadman M. Booming Biosafety Labs Probed // *Nature.* – 2009; 461: 577.
46. Woolhouse M., Gowtage-Sequeria S. Host range and emerging and reemerging pathogens // *Emerg. Infect. Dis.* – 2005; 11: 1842–7.
47. World at risk: the report of the Commission on the Prevention of WMD Proliferation and Terrorism / United States Commission on the Prevention of Weapons of Mass Destruction Proliferation and Terrorism. New York: Vintage Books, 2008. – 160 p.