



ТЕМА НОМЕРА:

НАУЧНЫЕ ПРОБЛЕМЫ
СОБЛЮДЕНИЯ КОНВЕНЦИЙ
О ЗАПРЕЩЕНИИ ХИМИЧЕСКОГО
И БИОЛОГИЧЕСКОГО ОРУЖИЯ

РЕЦЕНЗИРУЕМЫЙ НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ
ФГБУ «27 Научный центр» Министерства обороны Российской Федерации

JOURNAL OF NBC
PROTECTION CORPS

ВЕСТНИК ВОЙСК РХБ ЗАЩИТЫ

Том 6, № 3
июль-сентябрь

2022

В НОМЕРЕ:

- Об итогах Консультативного совещания государств-участников Конвенции о запрещении разработки, производства и накопления запасов бактериологического (биологического) и токсинного оружия и об их уничтожении по вопросу соблюдения США и Украиной обязательств по Статье I и Статье IV Конвенции
- Новые технологии уничтожения химического оружия – залог успешного завершения процесса химического разоружения

Наша замечательная Россия

Хабаровский процесс 1949 года



В Хабаровске с 25 по 30 декабря 1949 г. в военном трибунале Приморского военного округа судили двенадцать бывших военнослужащих японской Квантунской армии, обвиняемых в разработке и применении бактериологического оружия. Хабаровский процесс стал ответом СССР на Токийский процесс, который проходил в 1946 г. под контролем США. При подготовке Токийского процесса Советский Союз представил Международному военному трибуналу доказательства разработки и применения бактериологического оружия Квантунской армией в Маньчжурии. Однако США были категорически против включения этого вопроса в повестку суда. Они уже предоставили убежище основным разработчикам такого оружия и ожидали от них помощи в развитии собственных военно-биологических программ. Тогда СССР решил провести собственное расследование против руководителей отрядов № 731 и № 100, которые разрабатывали, испытывали бактериологическое оружие на людях и применяли его против советских и китайских войск. Была создана специальная следственная бригада при МВД и МИД СССР, в которую входили не только следователи, но и ученые и врачи. Вина всех обвиняемых была доказана в ходе процесса. С учетом степени виновности им были назначены наказания в виде различных сроков лишения свободы. Смертная казнь в СССР была отменена в 1947 г.

Фотография вверху – Дом офицеров Восточного военного округа, где проходил трибунал. Фотографии нижнего ряда: слева – бывший лагерь № 2045 (для высших чинов командования Квантунской армии). Отсюда их возили на заседания военного трибунала. В этом здании ныне находится городская поликлиника № 3; в центре – подлинники материалов следственного дела по делу японских военнослужащих, обвиняемых в подготовке и применении бактериологического оружия; справа – так сейчас выглядит зал, где проходил трибунал.

Фотографии М.В. Сунотницкого



Журнал издается
с 2017 года

ВЕСТНИК ВОЙСК РХБ ЗАЩИТЫ

ISSN 2587-5728
(Print)

Том 6, № 3
2022 г.

Рецензируемый научно-практический журнал, специализирующийся на освещении химических и биологических угроз Российской Федерации, научных достижений по основным направлениям деятельности и задачам войск РХБ защиты ВС РФ, повышении профессионального уровня специалистов войск РХБ защиты ВС РФ, возрождению интереса к их истории и привлечению молодых ученых к работе в научно-исследовательских организациях войск РХБ защиты ВС РФ. «Вестник войск РХБ защиты» – единственный журнал в Российской Федерации, который рассматривает научные проблемы соблюдения конвенций о запрещении химического и биологического оружия, а также историю применения химического и биологического оружия в войнах и конфликтах.

Импакт-фактор журнала по Российскому
индексу научного цитирования за 2021 г.:

двухлетний = 0,829;
двухлетний с учетом цитирования
из всех источников = 1,171;
пятилетний = 0,575

Учредитель и издатель
Федеральное государственное бюджетное
учреждение «27 Научный центр»
Министерства обороны Российской Федерации
(27 НЦ МО РФ)

Выходит ежеквартально

Главный редактор
д-р техн. наук, доц. Петров С.В. (Москва)

Заместители главного редактора
канд. биол. наук, снс Супотницкий М.В. (Москва)
канд. техн. наук, доц. Колесников Д.П. (Вольск)

Ответственный секретарь
Шило Н.И. (Москва)

Научный редактор
канд. биол. наук Лебединская Е.В. (Москва)

Редакционная коллегия
член-корреспондент РАН, д-р биол. наук, проф.
Аминин Д.Л. (Владивосток)
д-р мед. наук, проф. Дармов И.В. (Киров)
д-р биол. наук, проф. Ефременко Е.Н. (Москва)
д-р биол. наук, проф. Завьялова Н.В. (Москва)
д-р техн. наук, проф. Мухин В.М. (Электросталь)
д-р мед. наук, проф. Рембовский В.Р.
(Санкт-Петербург)
д-р хим. наук Родин И.А. (Москва)
д-р хим. наук, проф. Рыбальченко И.В. (Москва)
д-р хим. наук Савельева Е.И. (Санкт-Петербург)

Редакционный совет
Председатель –
канд. воен. наук Кириллов И.А. (Москва)

Заместители председателя:
канд. экон. наук Кикоть С.Г. (Москва)
канд. хим. наук, доц. Ковтун В.А. (Москва)

Члены редакционного совета:
д-р воен. наук Иноземцев В.А. (Вольск)
д-р техн. наук, проф. Кондратьев В.Б. (Москва)
канд. мед. наук Туманов А.С. (Киров)
д-р хим. наук, проф. Холстов В.И. (Москва)

Дизайн, верстка: Сластилова Л.М. (Москва)

Адрес редакции:
27 НЦ МО РФ, 111024, г. Москва,
проезд Энтузиастов, д. 19.
Тел.: 8 (495) 693-44-48, e-mail: 27nc_1@mail.ru.

Издание зарегистрировано Федеральной
службой по надзору в сфере связи,
информационных технологий и массовых
коммуникаций (Роскомнадзор).

Свидетельство о регистрации средства
массовой информации
ПИ № ФС 77-69472 от 25.04.2017 г.

Все права защищены. При перепечатке
материалов и размещении их на
интернет-ресурсах ссылка на журнал
обязательна.

Подписано в печать: 27.09.2022 г. Тираж 500 экз.
Отпечатано в типографии:
ФГУП «ЦНИИХМ им. Д.И. Менделеева», 115487,
г. Москва, ул. Нагатинская, д. 16 А. Тел.: 8 (499)
661-80-46, e-mail: ntrved@cniihm.ru

СОДЕРЖАНИЕ

Редакционная статья

Об итогах Консультативного совещания государств-участников Конвенции о
запрещении разработки, производства и накопления запасов бактериологического
(биологического) и токсинного оружия и об их уничтожении по вопросу соблюдения
США и Украиной обязательств по Статье I и Статье IV Конвенции
И.А. Кириллов 203

Проблемы соблюдения конвенций о запрещении химического и биологического оружия

Новые технологии уничтожения химического оружия – залог успешного
завершения процесса химического разоружения
В.П. Капашин, В.Г. Мандыч, И.Н. Исаев, И.В. Коваленко, В.Л. Верига 213

Химическая безопасность и защита от химического терроризма

Модульные защитные материалы, нейтрализующие токсины (фосфорорганические
соединения и микотоксины) и проявляющие биоцидность к клеткам
грамположительных и грамотрицательных бактерий
В.В. Завьялов, Н.В. Завьялова, В.И. Холстов, В.А. Ковтун, В.К. Гореленков,
Г.А. Фролов, И.В. Лягин, Н.А. Степанов, Е.Н. Ефременко 229

Биологическая безопасность и защита от биологических угроз

Рицин и абрин как вероятные агенты биотеррора
Д.В. Печенкин, А.С. Горшков, М.А. Саблина, А.В. Еремкин, С.С. Ипатов, Г.В. Куклина. . . . 243
Биологические лаборатории в Кавказском регионе как источники угроз
национальной безопасности России
В.В. Фионов, В.В. Щеренко, Ю.Е. Попов, В.Э. Терещатов. 258

Вооружение и средства войск РХБ защиты

Высокопроизводительные способы специальной обработки объектов вооружения,
военной и специальной техники
В.В. Кузнецов, П.Е. Беляков, С.А. Шаров, В.С. Никонов. 271

Лекции по ключевым вопросам РХБ безопасности

Источники ионизирующих излучений, применяемые в современных
и перспективных приборах РХБ разведки (лекция)
Э.В. Васильковский, А.В. Дикун, И.Г. Васюкевич 282

Хроника

Представители войск РХБ защиты ВС РФ почтили память святого благоверного
князя Андрея Боголюбского. 295

Создание парков семьи с яблоневыми садами в воинских частях и организациях
войск радиационной, химической и биологической защиты Вооруженных Сил
Российской Федерации 296

Завьялова Наталья Васильевна (к 70-летию со дня рождения) 297

Ушаков Виктор Степанович (к 70-летию со дня рождения) 299

Памяти Грабарева Павла Алексеевича (17.03.1927 – 27.04.2022 гг.) 300

*Преимуществом в опубликовании пользуются работы по научным специальностям 6.2.1, 6.2.10, 6.3.4 и 6.3.5.
Все рукописи проверяются программой «Антиплагиат»*

*Журнал включен в научную электронную библиотеку eLIBRARY.RU и Российский индекс научного цитирования (РИНЦ).
Условия оферты для авторов приведены в п. 11 Правил подготовки направления статей в журнал
«Вестник войск РХБ защиты» (Вестник войск РХБ защиты. 2022. Т. 6. № 1. С. 86–95).*

*К публикации принимаются статьи на русском и английском языках, подготовленные в соответствии с «Правилами
направления и опубликования научных статей в журнале «Вестник войск РХБ защиты». Статьи проходят
рецензирование не менее чем двумя рецензентами. Используются модели двойного слепого рецензирования либо
открытого рецензирования (по выбору авторов). Плата за публикацию статьи и рецензирование рукописей не
взимается, ускоренная публикация не допускается. Труды заочных конференций не публикуются.*

*Журнал распространяется в органах законодательной и исполнительной власти Российской Федерации, в
центральных органах военного управления, в научно-исследовательских организациях и образовательных
учреждениях Министерства обороны Российской Федерации.*

Позиция редакции может не совпадать с точкой зрения авторов.



Published since
2017

JOURNAL

OF NBC PROTECTION CORPS

ISSN 2587-5728
(Print)
Vol. 6 No 3
2022

«Journal of NBC Protection Corps» is a peer-reviewed scientific and practical journal, publishing papers in the fields of chemical and biological threats to the Russian Federation. It covers scientific achievements in the main spheres and tasks of the NBC Protection Troops. The objective of the journal is to improve the professional level of specialists of the NBC Protection Troops, to revive the interest in their history and to attract young scientists to the work in scientific research organization of the NBC Protection Troops. «Journal of NBC Protection Corps» is the only journal in the Russian Federation that examines the scientific problems of compliance with the conventions on the prohibition of chemical and biological weapons, as well as the history of the use of chemical and biological weapons in wars and conflicts.

The impact factor of the journal according to the Russian Science Citation Index for 2021:
two-year = 0.829;
2 years including citations from all sources = 1.171;
five year old = 0.575

Founder and Publisher
Federal State Budgetary Establishment
«27 Scientific Centre» of the Ministry of Defence of the Russian Federation.

Quarterly Edition

Editor-in-Chief
Doctor of Technical Sciences, Associate Professor
Petrov S.V. (Moscow)

Deputy Editors-in-Chief
Candidate of Biological Sciences, Senior Researcher
Supotnitskiy M.V. (Moscow)
Candidate of Technical Sciences, Associate Professor
Kolesnikov D.P. (Volsk)

Executive Secretary

Shilo N.I. (Moscow)

Science Editor
Candidate of Biological Sciences, Senior Researcher
Lebedinskaya E.V. (Moscow)

Editorial Board

Corresponding Member of RAS, Doctor of Biological Sciences, Professor Aminin D.L. (Vladivostok)
Doctor of Medical Sciences, Professor
Darmov I.V. (Kirov)

Doctor of Biological Sciences, Professor
Efremenko E.N. (Moscow)

Doctor of Biological Sciences, Professor
Zavyalova N.V. (Moscow)

Doctor of Technical Sciences, Professor
Mukhin V.M. (Elektrostal)

Doctor of Medical Sciences, Professor
Rembovskiy V.R. (St.-Petersburg)

Doctor of Chemical Sciences Rodin I.A. (Moscow)

Doctor of Chemical Sciences, Professor
Rybalchenko I.V. (Moscow)

Doctor of Chemical Sciences
Savelieva E.I. (St.-Petersburg)

Editorial Council

Chairman –
Candidate of Military Sciences Kirillov I.A. (Moscow)

Vice-Chairmen:
Candidate of Economical Sciences Kikot S.G.
(Moscow)

Candidate of Chemical Sciences, Associate Professor
Kovtun V.A. (Moscow)

Editorial Council Members:

Doctor of Military Sciences

Inozemcev V.A. (Volsk)

Doctor of Technical Sciences, Professor
Kondratyev V.B. (Moscow)

Candidate of Medical Sciences Tumanov A.S. (Kirov)

Doctor of Chemical Sciences, Professor
Kholstov V.I. (Moscow)

CRC preparation: Slastilova L.M. (Moscow)

Address of the Editorial Office

Federal State Budgetary Establishment
«27 Scientific Centre» of the Ministry of Defence of the Russian Federation. Entuziastov passage, 19,
Moscow, 111024, Russian Federation.

Tel.: 8 (495) 693-44-48, e-mail: 27nc_1@mil.ru.

Publication is registered by the Federal Service for Supervision in the Sphere of Telecom, Information Technologies and Mass Communications.

Certification of the Mass Media

ПИ № ФС 77-69472, April 25, 2017.

All rights reserved. Links to the journal are obligatory while citing.

The publication data for the journal is
27 September, 2022. Circulation: 500 copies.
Published in: Federal State Unitary Establishment
«TsNIKhM» named after D.I. Mendeleev,
Nagatinskaya Str. 16A, Moscow 115487, Russian
Federation Tel.: 8 (499) 661-80-46,
e-mail: ntrved@cniihm.ru

Contents

Editorial

On the Results of the Consultative Meeting of the States Parties to the Convention on the Prohibition of the Development, Production and Stockpiling of Bacteriological (Biological) and Toxin Weapons and on Their Destruction on the Issue of Compliance by the United States and Ukraine with Obligations under Article I and Article IV of the Convention

I.A. Kirillov 203

The Problems of Adherence to the Chemical and Biological Weapons Conventions

New Chemical Weapons Destruction Technologies as the Key to Successful Completion of Chemical Weapons Disarmament Process

V.P. Kapashin, V.G. Mandych, I.N. Isaev, I.V. Kovalenko, V.L. Veriga 213

Chemical Security and Protection against Chemical Terrorism

Modular Protective Materials Neutralizing Toxins (Organophosphorus Compounds and Mycotoxins) and Exhibiting Biocidity to Gram-Positive and Gram-Negative Bacterial Cells

V.V. Zavyalov, N.V. Zavyalova, V.I. Kholstov, V.A. Kovtun,
V.K. Gorelenkov, G.A. Frolov, I.V. Lyagin, N.A. Stepanov, E.N. Efremenko 229

Biological Security and Protection against Biological Threats

Ricin and Abrin as Possible Agents of Bioterror

D.V. Pechenkin, A.S. Gorshkov, M.A. Sablina, A.V. Eremkin, S.S. Ipatov, G.V. Kuklina 243

Biological Laboratories in the Caucasus Region as Sources of Threats to Russia's National Security

V.V. Filonov, V.V. Shcherenko, Y.E. Popov, V.E. Tereshchatov 258

Weapons and Means of NBC Protection Troops

Modern High-Performance Methods for Special Processing of Arms, Military and Special Equipment

V.V. Kuznetsov, P.Ye. Belyakov, S.A. Sharov, V.S. Nikonov 271

Key Issues of NBC Security. Lectures

Sources of Ionizing Radiation Used in Modern and Advanced NBC Reconnaissance Devices (Lecture)

E.V. Vasilkovsky, A.V. Dikun, I.G. Vasyukevich 282

Cronicle

Representatives of the NBC Protection Troops of the Armed Forces of the Russian Federation Paid Tribute to the Memory of St. Prince Andrei Bogolyubsky 295

Creation of Family Parks with Apple Orchards in Military Units and Organizations of NBC Protection Troops of the Armed Forces of the Russian Federation 296

Natalya Vasilievna Zavyalova (70-th Birth Anniversary) 297

Viktor Stepanovich Ushakov (70-th Birth Anniversary) 299

In Memory of Pavel Alekseevich Grabarev (17.03.1927 – 27.04.2022 rr.) 300

Papers in scientific specialties 6.2.1, 6.2.10, 6.3.4 and 6.3.5 enjoy the advantage in publication.

All manuscripts are checked by the Anti-Plagiarism program.

The journal is included into the scientific electronic library eLIBRARY.RU and the Russian Science Citation Index.

Terms of the offer for the authors are given in the Article 11 of the Rules for the authors (Journal of NBC Protection Corps. 2022. V. 6, No 1. P. 86–95).

Only articles prepared in Russian and English languages and in accordance with the Rules for the Authors of Sending and Publishing of the Articles in the «Journal of NBC Protection Corps», are acceptable for the publication. All research articles are peer reviewed by at least two suitably qualified experts. Double-blind peer review and open peer review are both available by the authors' choice. The journal does not charge article-processing, publication and peer review fees. Accelerated publication is not allowed. The papers from correspondence conferences are not published.

The journal is distributed among the bodies of legislative and executive power of the Russian Federation, in the main military headquarters, scientific and research institutions and educational establishments of the Ministry of Defence of the Russian Federation, in engineering, experimental design offices and industrial and manufacturing structures, working in the sphere of NBC Defence.

The information and views set out in this publication are those of the author(s) and do not necessarily reflect the official opinion of the Editorial Board.

Об итогах Консультативного совещания государств-участников Конвенции о запрещении разработки, производства и накопления запасов бактериологического (биологического) и токсинного оружия и об их уничтожении по вопросу соблюдения США и Украиной обязательств по Статье I и Статье IV Конвенции

Начальник войск радиационной, химической и биологической защиты Вооруженных Сил Российской Федерации генерал-лейтенант И.А. Кириллов

В период с 5 по 9 сентября 2022 г. в Женеве по инициативе Российской Федерации в соответствии со статьей IV Конвенции о запрещении разработки, производства и накопления запасов бактериологического (биологического) и токсинного оружия и об их уничтожении (КБТО) состоялось Консультативное совещание государств-участников КБТО. По итогам мероприятия делегациями был принят доклад, не снимающий озабоченности Российской Федерации по вопросам, касающимся нарушений КБТО на территории Украины. Данное обстоятельство предопределило необходимость продвижения российских инициатив по укреплению механизма соблюдения КБТО путем принятия протокола к Конвенции, определяющего механизмы проверки, а также по созданию Научно-консультативного комитета КБТО и расширению мер укрепления доверия.

Ключевые слова: биологическое оружие; средства доставки; США; Контрольный механизм; КБТО; меры укрепления доверия; Украина.

Библиографическое описание: Кириллов И.И. Об итогах Консультативного совещания государств-участников Конвенции о запрещении разработки, производства и накопления запасов бактериологического (биологического) и токсинного оружия и об их уничтожении по вопросу соблюдения США и Украиной обязательств по Статье I и Статье IV Конвенции (редакционная статья) // Вестник РХБ защиты. 2022. Т. 6. № 3. С. 203–212. <https://doi.org/10.35825/2587-5728-2022-6-3-203-212>

В период с 5 по 9 сентября 2022 г. в Женеве состоялось совещание государств-участников Конвенции о запрещении разработки, производства и накопления запасов бактериологического (биологического) и токсинного оружия и об их уничтожении (КБТО), в связи с нарушением США и Украиной статей I и IV Конвенции, которое было инициировано Российской Федерацией. Опасаясь реакции США и угрозы введения санкций, многие страны воздержались от участия в совещании, в результате чего в нем участвовало всего 89 стран из 184 государств-участников КБТО.

В ходе мероприятия выступили всего 43 делегации, из которых более половины (22 государства) либо поддержали российскую позицию, либо заняли нейтральную. Двадцать одно государство, среди которых Украина, США и большая часть их союзников по блоку



НАТО, выступили против, но даже среди них не было единодушия [1].

Российской Федерацией было задано более 20 вопросов, касающихся незаконной деятельности Киева и Вашингтона в рамках КБТО [2].

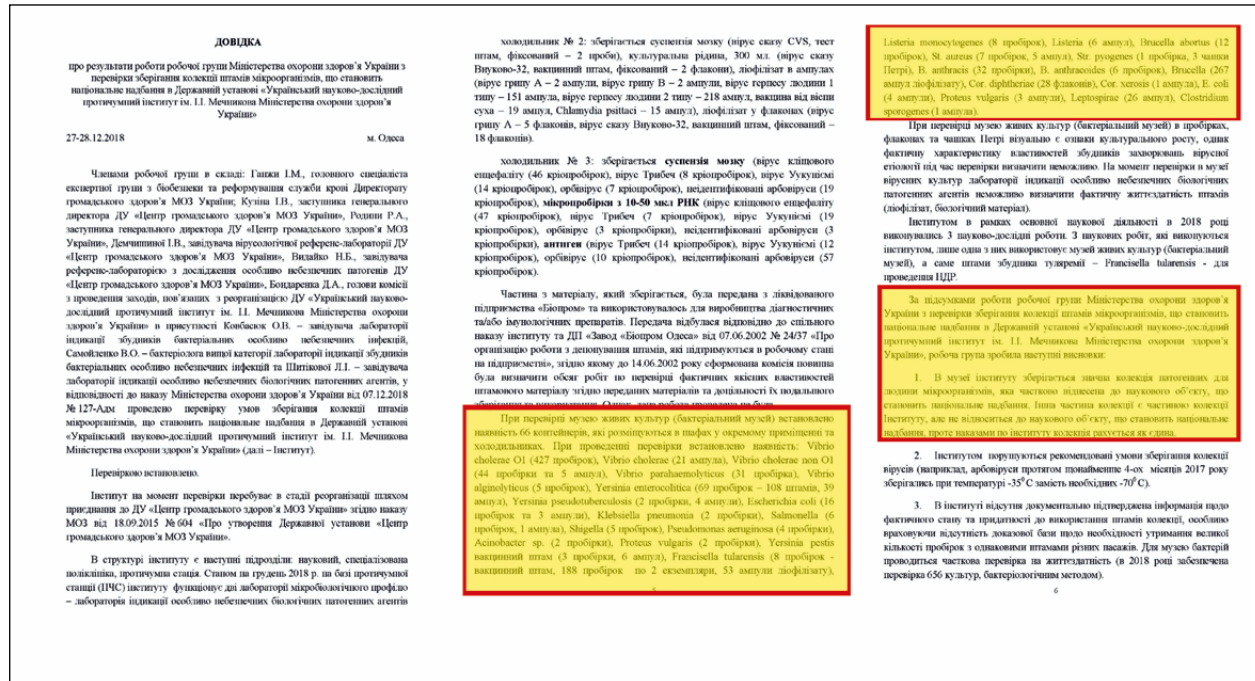


Рисунок 1 – Отчет рабочей группы Министерства здравоохранения Украины по результатам проверки условий хранения коллекции штаммов микроорганизмов в Украинском научно-исследовательском противочумном институте (г. Одесса) в 2018 г.

В качестве доказательств нарушения КБТО была представлена информация о проводимых на территории Украины биологических исследованиях по заказу и в интересах США, в том числе более 2 тысяч страниц документов, которые подтверждают, что в 46 лабораториях на территории Украины под контролем американской администрации проводились исследования с возбудителями особо опасных и экономически значимых инфекций.

Масштабы и направленность проводимой на территории Украины биологической деятельности, имеющей признаки нарушения первой части Статьи I Конвенции, наглядно характеризует внутренний документ Научно-исследовательского противочумного института им. И. И. Мечникова в Одессе – «Доклад по итогам проверки коллекции штаммов микроорганизмов от 28 декабря 2018 г.».

В соответствии с документами, плановая проверка института была проведена группой специалистов Министерства здравоохранения Украины в период с 27 по 28 декабря 2018 г. В соответствии с докладом о составе и состоянии научного объекта, общее количество штаммов микроорганизмов, отнесенных к национальной коллекции, составляет 654, в том числе возбудителя сибирской язвы – 32 штамма, бруцеллеза – 11 штаммов, туляремии – 189 штаммов, холеры – 422 штамма. В хранилище, не отнесенном к национальной коллекции, находилось восемь криоконтейнеров, содержащих 596

единиц хранения вирусных патогенов, включая вирус клещевого энцефалита и неидентифицированные арбовирусы. В хранилище бактериальных патогенов установлено наличие 66 контейнеров, содержащих 497 единиц хранения возбудителя холеры, 149 единиц хранения возбудителя туляремии, 279 единиц хранения возбудителя бруцеллеза, 32 единицы хранения возбудителя сибирской язвы [3] (рисунок 1).

При этом в докладе было отмечено, что в институте нет документально подтвержденной информации относительно фактического состояния штаммов коллекции, а также отсутствует доказательная база относительно необходимости содержания большого количества пробирок с одинаковыми штаммами разных пассажей.

Следует отметить и то, что в отсутствие в последние годы осложнений по ситуации с указанными заболеваниями на Украине, номенклатура и накопленные объемы биоагентов ставят под сомнение их предназначение для профилактических, защитных или других мирных целей в рамках плановой научно-исследовательской деятельности. Несмотря на столь значительное количество накопленных патогенных биоматериалов, убедительные свидетельства их использования в мирных целях отсутствуют. В докладе сделан вывод, что Институтом в рамках основной научной деятельности в 2018 г. выполнено всего три научно-исследовательские работы. При этом лишь одна из них использует музей живых культур (бактериальный музей),

Table 1. CBR Projects: Status		Planned	Ongoing	Completed	Not Pursued
Project Designation	Project Title				
CBR UP-1	Ecological-Epidemiological Evaluation of Prevalence of Natural Focal Infections Caused by <i>Rickettsia</i> spp. and <i>Coxiella burnetii</i> (C. burnetii) in Different Landscape Zones of Ukraine				✓
CBR UP-2	Incorporating GIS, Remote Sensing, and Laboratory Diagnostics into Human and Veterinary Disease Surveillance for Tularemia and Anthrax in Ukraine (In Ukraine: Development of the Epidemiological Forecasting System for Zoonotic Diseases Employing GIS Technology)			✓	
CBR UP-3	Epidemiologic Algorithms and Molecular Approaches for Differential Diagnosis of Severe Febrile Illness of Unknown Etiology in Ukraine				✓
CBR UP-4	Risk assessment of selected Especially Dangerous Pathogens potentially carried by migratory birds over Ukraine		✓		
CBR UP-5	Ecological-Epidemiological Surveillance for Identifying the Prevalence and Genetic Diversity of Crimean Congo Hemorrhagic Fever Virus, Hantaviruses, Tick-Borne Encephalitis Virus, Pseudorabies Virus, and <i>Leptospira</i> spp. in Ukraine				✓
CBR UP-6	Ecological and Epidemiological Evaluation of the Prevalence of Natural Focal Infections Caused by <i>Rickettsia</i> spp. and <i>Coxiella burnetii</i> in Different Landscape Zones of Ukraine				✓
CBR UP-7	Surveillance capacity building and determination of disease baseline for brucellosis in domestic and wild animal populations of Ukraine				✓
CBR UP-8	Prevalence of Crimean Congo hemorrhagic fever virus and hantaviruses in Ukraine and the potential requirement for differential diagnosis of suspect leptospirosis patients		✓		
CBR UP-9	The spread of African swine fever virus (ASFV) in domestic pigs and wild boar in Ukraine – Building capacity for insight into the transmission of ASFV through characterization of virus isolates by genome sequencing and phylogenetic analysis.		✓		
CBR UP-10	Regional Field-to-Table Risk Assessment of the spread of African swine fever virus (ASFV) across Ukraine in wild fauna and via consumer trade routes – insight into the development of effective ASFV quarantine strategies and public policy		✓		

Table 2. TAPs: Status		Planned	Ongoing	Completed	Not Pursued
Project Designation	Project Title				
T01 Human TAP-1	Implementation of Cell Culture and Nucleic Acid Sequencing Capabilities at the Ukrainian Research and Anti-Plague Institute (URAPI) in Order to Foster and Improve Viral Diagnostics				✓
T01 Veterinary TAP-2	Development and Use of the Express Method for Avian Influenza Virus (AIV) Diagnostics Based on Reverse Transcription-Loop-Mediated Isothermal Amplification (RT-LAMP)			✓	
T01 Veterinary TAP-3	Analysis of the Threat of Spread of African Swine Fever (ASF) and Classical Swine Fever (CSF) in Wild Boar Populations in Ukraine			✓	
T04 Veterinary TAP-1	Molecular Characterization of Highly Pathogenic Avian Influenza Virus (HPAIV) and Virulent Newcastle Disease Virus (vNDV) Isolated in Ukraine			✓	
T04 Veterinary TAP-2	Serological Monitoring of Glanders in Ukraine and Evaluation of Serological Methods for Laboratory Diagnosis of Glanders			✓	
T04 Veterinary TAP-3	Analysis and Review of Ukrainian Legislation and Guidelines for Veterinary Laboratory Diagnostics Quality Assurance, Biological Safety, and Biological Security for Specified EDPs, with the Aim of Identifying Potential Enhancements to the Veterinary System of Ukraine			✓	
T04 Veterinary TAP-4	Community Outreach to Support Understanding of ASF Ecology and Epidemiology in Eastern Europe: Training and Implementation for Methods and Strategies for Control and Prevention			✓	
T04 Veterinary TAP-5	Grantsmanship in Action: Development and Submission of a National Science Foundation (NSF) Grant Application for Avian Influenza Research in Ukraine		SWAP		
T04 Veterinary TAP-6	Analysis of the threat of spread of African swine fever and classical swine fever in wild boar populations in Ukraine: Improving diagnosis, surveillance, and prevention			✓	

Рисунок 2 – Проекты, реализуемые компанией «Black & Veatch» на территории Украины в рамках программы «Ukraine Biological Threat Reduction Program (BTRP)»¹

а именно штаммы возбудителя туляремии. Одновременно подчеркивается отсутствие отчета о результатах исследований, достигнутых в Институте за 2017 г., что также ставит вопрос о характере и направлениях деятельности института за указанный период.

Помимо необоснованных объемов, сама номенклатура изучаемых и накопленных патогенов не отвечает основным вызовам и угрозам в области общественного здравоохранения на Украине, где фиксируется рост числа случаев краснухи, дифтерии, туберкулеза [4, 5]. При этом перечень изучаемых патогенов включает возбудители опасных инфекционных заболеваний, которые являются потенциальными агентами биологического оружия. Отдельно дается пояснение, что в рамках совместной деятельности изучались лишь те инфекции, которые рассматриваются в качестве приоритетных Управлением по снижению военной угрозы, подведомственным Министерству обороны США.

О свидетельствах нарушения Украиной части второй Статьи I КБТО (разработка средств доставки, предназначенных для ис-

пользования биологических агентов или токсинов во враждебных целях или в вооруженных конфликтах) убедительно свидетельствует проведенный анализ материалов исследований, проводимых на территории Украины в рамках проектов DTRA и украинского научно-технологического центра (УНТЦ).

Только за последние годы на реализацию проектов УНТЦ Вашингтоном было израсходовано более 350 млн долл. [5]. Заказчиками и спонсорами УНТЦ со стороны США являлись госдепартамент и Пентагон. Финансирование было организовано также через агентство по защите окружающей среды, министерства сельского хозяйства, здравоохранения и энергетики США.

Все исследования, проводимые на территории Украины в рамках проектов DTRA и УНТЦ, свидетельствуют о явном интересе к зоонозным инфекциям, а также изучению механизмов переноса и векторов, осуществляющих передачу патогена (насекомые, членистоногие, птицы, млекопитающие) (рисунок 2).

Например, проект TAP-6² был направлен на анализ распространения африканской и

¹ Ukraine Biological Threat Reduction Program (BTRP). Program (BTRP) Phase II b за 2019 г. URL: https://z.mil.ru/files/morf/military/files/Svodnyi_otchet.pdf (дата обращения: 26.09.2022).

² Проект – T04 Veterinary TAP-6 «Анализ рисков распространения вируса африканской чумы свиней среди диких животных на территории Украины: улучшение диагностики, обнаружения и предотвращения».

классической чумы свиней в популяции диких животных на территории Украины [7]. Заявленной целью проекта является оценка эпизоотического статуса популяции диких кабанов в регионах, приграничных с Российской Федерацией и Республикой Беларусь. Кроме проекта ТАР-6, проводились исследования по изучению генома и филогенетических свойств возбудителя африканской чумы свиней (проект UP-9³), а также проект UP-10⁴, посвященный изучению распространения вируса африканской чумы свиней через территорию Украины посредством торговых маршрутов.

Изучение рисков распространения отдельных особо опасных патогенов птицами, включая возбудителей высококонтагиозных карантинных инфекций, представляющих угрозу сельскому хозяйству (высокопатогенный грипп птиц, болезнь Ньюкасла), а также изучение видов птиц, маршрутов их миграции (направления и протяженность подобных маршрутов), пролегающих преимущественно через территорию Российской Федерации, осуществлялось в рамках проекта UP-4⁵.

Отдельно следует отметить исследования, проводимые в рамках проекта UP-8⁶, которые были направлены на изучение векторов-переносчиков геморрагической лихорадки Крым-Конго и хантавирусов, сбор переносчиков данных заболеваний, а также исследования с привлечением добровольцев и отбором проб крови на выявление титров антител. В соответствии с данным проектом, у четырех тысяч военнослужащих-добровольцев были взяты образцы крови на антитела к хантавирусам, у четырехсот – на наличие антител к вирусу Конго-Крымской лихорадки. При этом в качестве приоритетных объектов изучения обозначены хантавирусы Пуумала (Puumala) и Добrava (Dobrava), рассматриваемые экспертами как потенциальные агенты биологического оружия.

Обращает на себя внимание и решение этического комитета от 12 июня 2019 г. в рамках

проекта UP-8. Документ прямо свидетельствует, что проводятся исследования с неизвестным риском для жизни и здоровья его участников. Если программа исследований данного проекта предполагает лишь стандартную диагностическую процедуру забора крови, возникает вопрос, о каких опасных для жизни испытаниях идет речь. Более того, неясны мотивы содержащегося в документе предписания, что «...о незначительных инцидентах с добровольцами необходимо сообщать в комитет по биоэтике США через 72 часа после происшествия, а о серьезных, включая смерть испытуемых – в течение 24 часов...» (рисунок 3)⁷.

Также следует отметить, что в ходе реализации проектов UP-2⁸ и UP-8 проводился сбор переносчиков туляремии и сибирской язвы – клещей и мелких млекопитающих. В соответствии с представленными документами решение об утверждении проектов было принято должностными лицами министерства обороны США, а в их реализации принимало участие профильное научное учреждение американского военного ведомства – научно-исследовательский институт им. Уолтера Рида (WRAIR – Walter Reed Army Institute of Research).

В этой связи возникает закономерный вопрос о необходимости привлечения профильных военных специалистов к данному исследованию и задачам, которые решались ими в ходе выполнения проектов. Учитывая, что эпидемиологическая ситуация, например, с сибирской язвой на Украине, остается благополучной, возникает в целом вопрос о необходимости проводимых исследований и их истинных целях.

Охват исследовательской программой DTRA, реализуемой на Украине, всего спектра переносчиков и естественного резервуара особо опасных патогенов, являющихся потенциальными агентами биологического оружия, географическая локализация мест отбора полевого материала, а также участие в исследованиях профильных специалистов амери-

³ Проект СБР UP-9 «Распространение вируса африканской чумы свиней среди диких и домашних животных на Украине – характеристика вируса путем секвенирования генома и филогенетического анализа».

⁴ Проект СБР UP-10 «Региональная оценка риска распространения вируса африканской чумы свиней (АЧС) среди дикой фауны и через торговые маршруты – разработка эффективной стратегии карантинных мер АЧС и государственной политики».

⁵ Проект СБР UP-4 «Оценка рисков особо опасных патогенов, потенциально переносимых перелетными птицами над Украиной в период миграции».

⁶ Проект СБР UP-8 «Изучение и анализ распространение вируса конго-крымской геморрагической лихорадки и хантавирусов на Украине – потенциальная потребность дифференциальной диагностики пациентов с подозрением на лептоспироз».

⁷ Проект UP-8. Описание. URL: <https://ukr-leaks.org/image/document/Описание%20проекта%20UP-8.pdf> (дата обращения: 26.09.2022).

⁸ Проект СБР UP-2 «Применение ГИС (геоинформационных систем), удаленного наблюдения и лабораторной диагностики для выявления заболеваний туляремией и сибирской язвой у людей и животных на территории Украины (На Украине: Разработка системы эпидемиологического прогнозирования зоонозных болезней с использованием ГИС-технологий)».

Розповсюдження вірусу Крим-Конго геморагічної гарячки (вірус ККГТ) і хантавірусів в Україні та потенційна потреба диференційної діагностики у пацієнтів з підозрою на лептоспіроз		Розповсюдження вірусу Крим-Конго геморагічної гарячки (вірус ККГТ) і хантавірусів в Україні та потенційна потреба диференційної діагностики у пацієнтів з підозрою на лептоспіроз	
Протокол дослідження			
Назва проекту:	UP-8: Розповсюдження вірусу Крим-Конго геморагічної гарячки (вірус ККГТ) і хантавірусів в Україні та потенційна потреба диференційної діагностики у пацієнтів з підозрою на лептоспіроз		
Номер протоколу:	Буде визначено пізніше		
Головний дослідник (ГД):	Сергій Моргун, Начальник санітарно-епідеміологічного управління командування Медичних сил Збройних Сил України вул. Госпітальна, 16, Київ, Україна тел. +38 (063) 817-42-88 email: general4ik1811@gmail.com		
Співдослідники від лабораторій в Україні:	<p>Ігор Цибровський, Начальник лабораторного відділу, лікар-бактеріолог, 10 Регіонального санітарно-епідеміологічного управління Служби превентивної медицини Міністерства оборони України, м. Київ, вул. Госпітальна, 16 тел. +38 0632852828 email: cibrik@i.ua</p> <p>Ірина Шевчук, Начальник лабораторії особливо небезпечних інфекцій лабораторного відділу 28 Регіонального санітарно-епідеміологічного управління Служби превентивної медицини Міністерства оборони України, м. Львів, вул. Зелена, 45 тел. +38 (067) 302-61-13 email: 19071976i@ukr.net</p> <p>Владислав Петренко, Начальник 108 Регіонального санітарно-епідеміологічного управління Служби превентивної медицини Міністерства оборони України, м. Харків, пл. Феєрбаха, 12 тел. +38 (067) 104-44-13 email: vapidok@ua.fm</p> <p>Оксана Мариніченко, Начальник лабораторного відділу 27 Регіонального санітарно-епідеміологічного управління Служби превентивної медицини Міністерства оборони України, м. Одеса, вул. Старопортофранківська, 48 тел. +38 (093) 785-47-50 email: marinich1305@ukr.net</p>		
		<ul style="list-style-type: none"> Дослідження прийняв Міністерство оборони США, інша регуляторна структура уряду США або будь-який регуляторний орган в Україні. 	Якщо учасник вирішує відмовитися від участі в дослідженні або виходить із нього, будь-які зібрані в ході дослідження дані, включаючи зразки для лабораторних досліджень, будуть вилучені з аналізу та знищені.
		3.5. Процедура на випадок відхилення від протоколу	<p>Весь медичний персонал, що проводить відбір зразків крові та персонал лабораторій Служби превентивної медицини МО України, який бере участь у лабораторних процесах, до початку дослідження проходить навчання з процедури та етики проведення досліджень, суб'єктом якого є людина. У разі ненавмисного вклучення осіб, що не відповідають критеріям вклучення, біологічні зразки від них не повинні відбиратися, будь-які зібрані мають бути вилучені з аналізу та знищені, а особа має бути проінформована про це. Якщо зразки для лабораторних досліджень від осіб, що не відповідають критеріям вклучення, вже були відібрані, вони будуть вилучені, а особа – проінформована про це.</p> <p>У цьому, про відхилення від протоколу, що не впливають на здоров'я учасників, буде повідомлено під час поточного перегляду протоколу та/або в остаточному звіті. Про відхилення від протоколу або неочікувані ситуації, що можуть виникнути на здоров'я, безпеку або благополуччя учасників дослідження, буде негайно повідомлено головному досліднику / менеджеру зі збору даних, українському комітету з біоетики та Агентству зменшення загрози Міністерства оборони США (A33). Про незначні інциденти слід повідомляти протягом 72 годин, а про серйозні, включаючи випадки смерті – протягом 24 годин. Усі випадки смерті суб'єктів дослідження, підозрювані або відомі як такі, що пов'язані з процедурами дослідження, повинні бути доведені до відома комітету із біоетики в США та Україні. Про будь-які відхилення від протоколу або неочікувані ситуації, які впливають на безпеку, слід негайно повідомити обидві сторони. Продовження дослідження, також буде негайно повідомлено головному досліднику, головному співдосліднику, українському комітету з біоетики та A33.</p> <p>Якщо очікується відхилення від протоколу, головний дослідник та головний співдослідник попередять комітет з біоетики в Україні, а також заздалегідь запросять дозвіл на виняток з протоколу у A33. Усі зміни в протоколі та згоди повинні бути схвалені комітетами з біоетики в Україні до початку їх впровадження.</p>

Рисунок 3 – Рішення етичного комітета о возможных последствиях для жизни и здоровья в рамках проекта UP-8

канского военного ведомства, указывают на нарушение Украиной обязательств по второй части статьи I КБТО, поскольку указанные переносчики могут быть использованы в качестве средства распространения патогенов человека и экономически значимых болезней животных.

Отдельно следует остановиться на документальных свидетельствах заинтересованности Украины в приобретении оборудования и средств доставки, предназначенных для использования биологических агентов или токсинов во враждебных целях и в вооруженных конфликтах.

В качестве примера можно привести материалы, касающиеся запроса украинского предприятия «Мотор Сич» в адрес турецкого производителя беспилотных летательных аппаратов «Байрактар Акинджи»⁹ от 15 декабря 2021 г. о возможности оснащения данного БПЛА системами и механизмами распыления аэрозолей емкостью свыше 20 л, на который турецкая сторона дала отрицательный ответ [6].

В приведенном документе усматриваются признаки нарушения Украиной обязательств во

второй части статьи I КБТО, запрещающей государствам-участникам приобретать оборудование и средства доставки, предназначенные для использования биологических агентов или токсинов во враждебных целях и в вооруженных конфликтах.

В ходе Консультативного совещания были приведены многочисленные свидетельства нарушения США и Украиной требований Статьи IV КБТО и не принятие на национальном уровне решений, препятствующих созданию биологического оружия.

Представители США неоднократно заявляли, что американская сторона серьезно относится к своим обязательствам по КБТО – в частности, осуществляет внутренний всесторонний правовой режим для выполнения обязательств по статье IV Конвенции. Они также подчеркивали, что вся их деятельность в биологической сфере осуществляется в мирных целях и полностью соответствует обязательствам по КБТО.

Вместе с тем, анализ патентных документов США, относящихся к средствам доставки компонентов биологического, ток-

⁹ *Bayraktar Akıncı (Акинджи)* – высотный боевой беспилотный летательный аппарат длительного действия, производимый турецкой технологической компанией Baykar. Поступил на вооружение Вооруженных сил Турции 29 августа 2021 г. Максимальная взлетная масса самолета составляет более 5,5 тонн, из которых более 1350 кг приходится на полезную нагрузку.

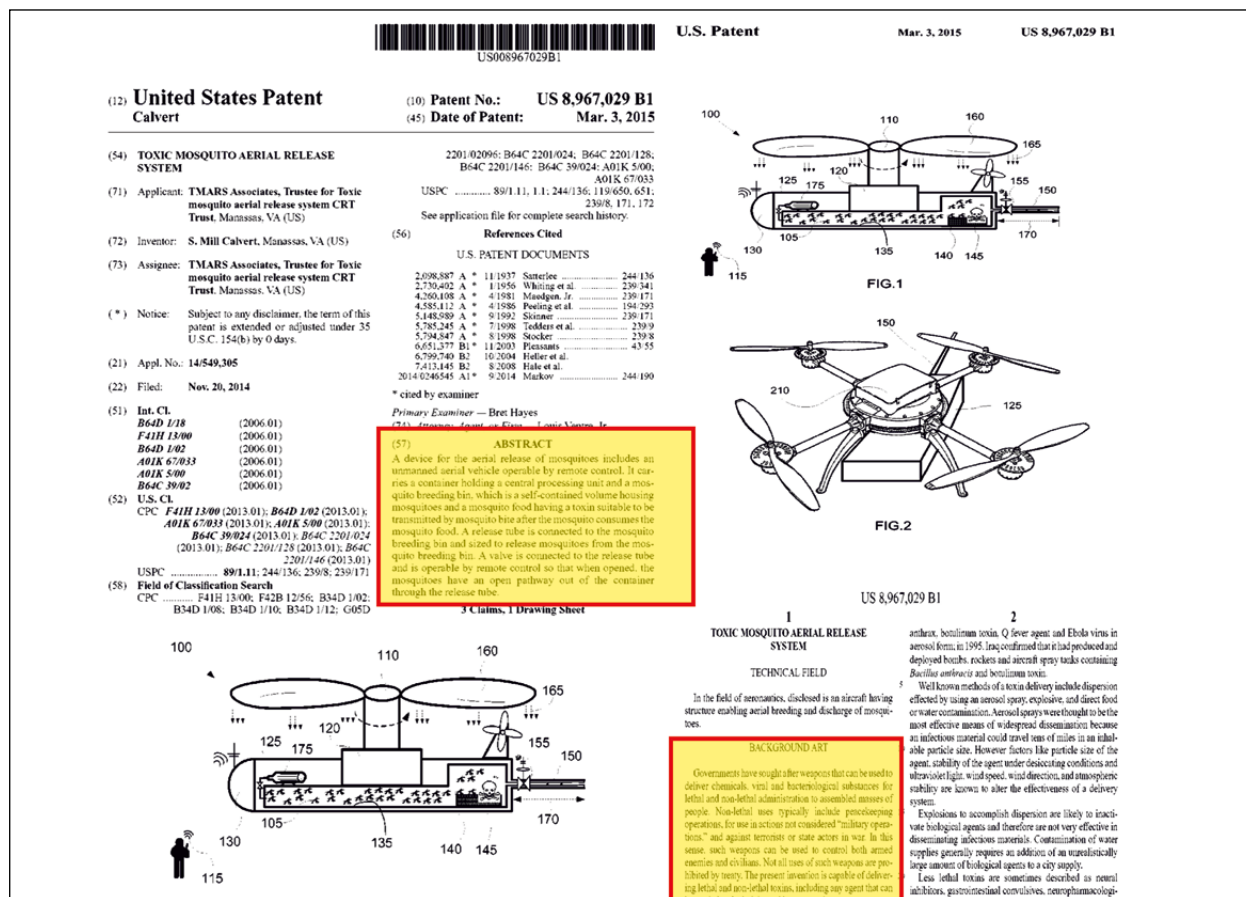


Рисунок 4 – Патент US 8,967,029 B1 на беспилотный летательный аппарат по доставке зараженных комаров [8]

синного и химического оружия, полностью противоречит данному утверждению. Так, например, патент US 8,967,029 B1¹⁰ описывает беспилотный летательный аппарат (БПЛА) для распространения зараженных насекомых в воздухе. В соответствии с описанием, БПЛА доставляет в заданный район контейнер с большим числом комаров-переносчиков инфекции и высвобождает их. При укусе комары заражают возбудителями инфекционных заболеваний, например, малярией. В пояснении подчеркивается, что инфицированный военнослужащий не способен выполнять поставленные перед ним задачи. Делается вывод, что заболевание может быть более ценным военным инструментом, чем самое современное оружие и военная

техника [8]. В описании к патенту также указано, что с помощью данного устройства войска противника могут быть уничтожены или выведены из строя. Отмечается, что подобное заражение военнослужащих противника в военном отношении дало бы значительный эффект (рисунок 4).

Другие патенты относятся к различным типам боеприпасов для доставки биологических рецептов [9, 10]. В их описании отмечается «...низкая удельная стоимость поражения и отсутствие необходимости в контакте с живой силой противника...». Все это соответствует реализуемой Вашингтоном концепции «бесконтактной войны», а также показывает возможность снаряжения капсул отравляющими, радиоактивными, наркотическими веще-

¹⁰ Краткое изложение. «Устройство для воздушного выпуска комаров включает в себя беспилотный летательный аппарат, приводимый в действие дистанционным управлением. БПЛА несет контейнер с комарами и инфицированный комариный корм...».

«Государства всегда ищут способы и оружие, которые можно было бы использовать для доставки химических, вирусных и бактериологических веществ и применить по скопившимся массам людей. <...> В этом смысле такое оружие может использоваться для контроля как над вооруженными врагами, так и над гражданскими лицами. Не все виды применения такого оружия запрещены договором. Настоящее изобретение способно доставлять летальные и не летальные токсины, включая любой агент, который может переноситься и вводиться комаром».

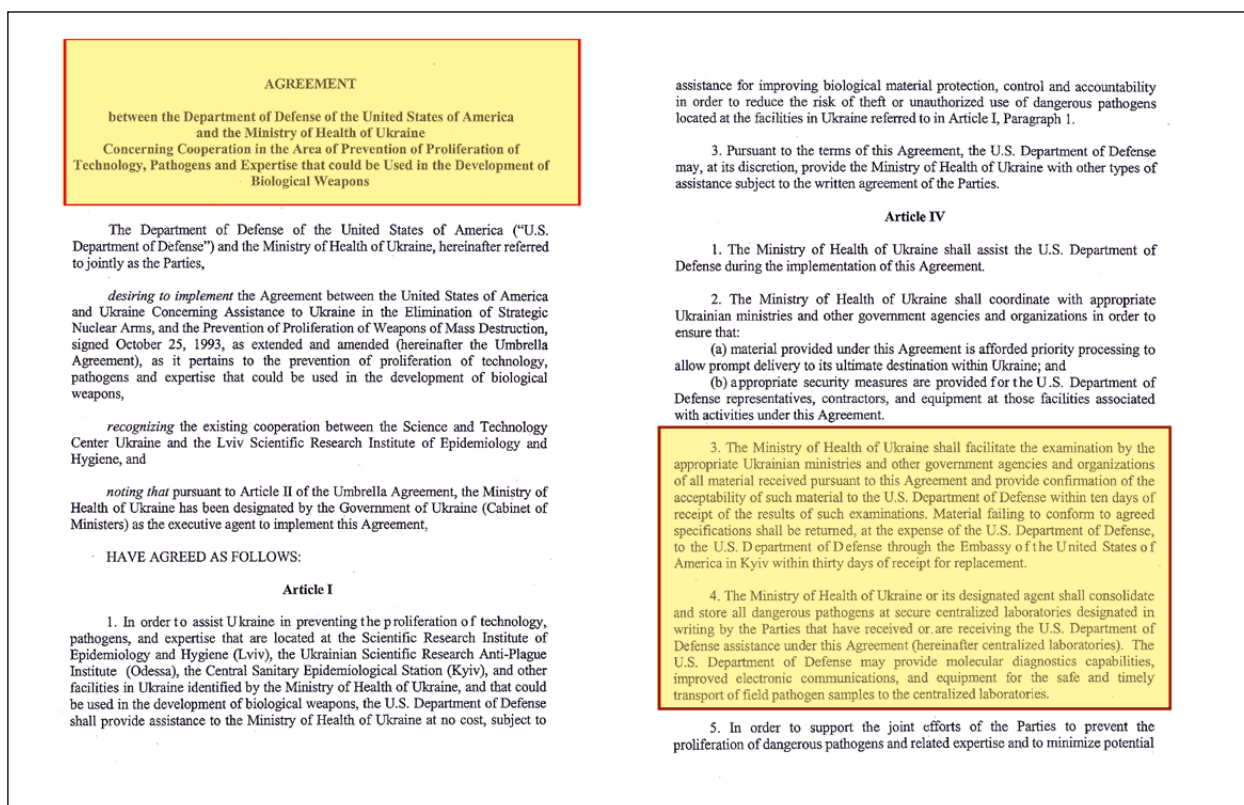


Рисунок 5 – Статья IV Соглашения «О сотрудничестве в области предотвращения распространения патогенов, технологий и знаний, которые могут быть использованы при разработке биологического оружия»

ствами, токсинами и возбудителями инфекционных заболеваний.

Очевидно, что указанные изобретения соответствуют определению биологического оружия, запрещенного КБТО. Статья IV КБТО¹¹ налагает на США обязательства по недопущению запрещенной деятельности где-либо на своей территории, территории под юрисдикцией или контролем этого государства, где бы то ни было и кем бы то ни было, включая физических и юридических лиц, по разработке средств доставки биологического оружия.

Правовой основой для реализации финансируемых США проектов на территории Украины является Соглашение «О сотрудничестве в области предотвращения распространения патогенов, технологий и знаний, которые могут быть использованы при разработке био-

логического оружия» 2005 г. между Министерством обороны США и Министерством здравоохранения Украины [11] (рисунок 5).

Статья IV данного Соглашения предписывает хранить патогены только в тех лабораториях, которым оказывается содействие военным ведомством США и перечень которых в качестве центральных лабораторий будет утвержден в письменной форме. При этом Министерство обороны США берет на себя обязательства по обеспечению молекулярной диагностики, коммуникации, а также оборудования для транспортировки патогенов. При этом требованиями Статьи IV также предписано направлять в лаборатории, находящиеся на территории США, штаммы опасных патогенов при получении Украиной соответствующего запроса.

¹¹ 1) Соглашение между Министерством обороны Соединенных Штатов Америки и Министерством здравоохранения Украины относительно сотрудничества в области предотвращения распространения технологий, патогенов и экспертных знаний, которые могут быть использованы при разработке биологического оружия. 2) «...Статья IV. Министерство здравоохранения Украины или назначенный им агент должны консолидировать и хранить все опасные патогены в защищенных централизованных лабораториях (далее – централизованные лаборатории), указанных в письменной форме Сторонами, которые получили или получают помощь Министерства обороны США в соответствии с настоящим Соглашением. Министерство обороны США может предоставить возможности молекулярной диагностики, улучшенные электронные средства связи и оборудование для безопасной и своевременной транспортировки полевых образцов патогенов в централизованные лаборатории».

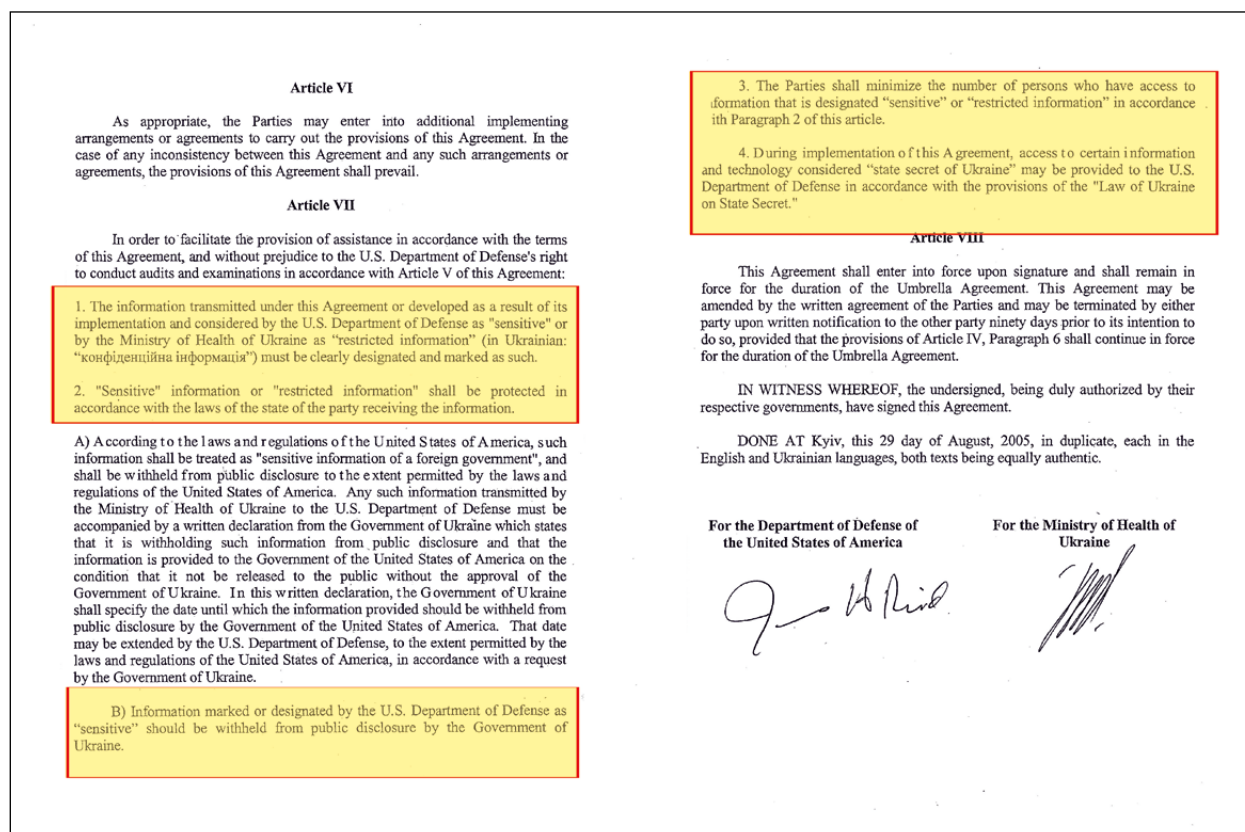


Рисунок 6 – Статья VII Соглашения «О сотрудничестве в области предотвращения распространения патогенов, технологий и знаний, которые могут быть использованы при разработке биологического оружия»

Характерно, что в ответном выступлении американская сторона заявила, что передача образцов патогенных биоматериалов украинской стороной в США «...была нечастой...». По-видимому, в отсутствие каких-либо иных представленных доказательств мы должны удовлетвориться подобной субъективной формулировкой, не понимая при этом, идет речь о десятках, сотнях или тысячах проб [13].

Согласно Статье VII результаты работ в рамках Соглашения, а также информация о его выполнении могут иметь ограниченный и закрытый характер. При этом в соответствии с пунктом «В» Статьи VII¹² при установлении такого ограничительного грифа Министер-

ством обороны США информация должна быть изъята из открытых источников правительством Украины и свободный доступ к ней прекращен (рисунок 6).

Отдельно подчеркивается требования по минимизации количества специалистов, имеющих доступ к указанной информации. Считаем, что подобная нетранспарентность и заведомое придание закрытого характера исследованиям, потенциально подпадающим под запреты в рамках международных договоренностей в сфере нераспространения биологического оружия, создает условия для беспрепятственного нарушения обязательств, предусмотренных КБТО [12].

¹² Статья VII. 1. Информация, передаваемая в соответствии с настоящим Соглашением или разработанная в результате его реализации и рассматриваемая Министерством обороны США как «конфиденциальная» или Министерством здравоохранения Украины как «информация ограниченного доступа» (на украинском языке: «конфіденційна інформація»), должна быть четко обозначена и помечена как таковая.

2. «Конфиденциальная» информация или «информация с ограниченным доступом» должна быть защищена в соответствии с законодательством государства стороны, получающей информацию.

В) Информация, помеченная или обозначенная Министерством обороны США как «конфиденциальная», должна быть удержана правительством Украины от публичного раскрытия.

3. Стороны сводят к минимуму число лиц, имеющих доступ к информации, которая обозначена как «конфиденциальная» или «информация с ограниченным доступом» в соответствии с пунктом 2 настоящей статьи.

4. Во время реализации настоящего Соглашения Министерству обороны США может быть предоставлен доступ к определенной информации и технологиям, которые считаются «государственной тайной Украины», в соответствии с положениями «Закона Украины о государственной тайне».

Широкие полномочия на территории Украины были делегированы известным американским компаниям, таким как «Black&Veatch Special Projects Corp», «Metabiota», «CH2M Hill», и их деятельность также вызывает ряд вопросов в контексте требований КБТО. Так, например, компания «Black&Veatch Special Projects Corp» работает в интересах Пентагона с 2008 г. в рамках проектов по изучению потенциальных агентов биологического оружия. В их числе проект UP-1 по изучению риккетсий и вируса клещевого энцефалита у членистоногих на северо-западе Украины. В целях глобального контроля за биологической обстановкой в ходе проекта UP-2 компания внедряла на украинских биообъектах систему удаленного мониторинга заболеваемости туляремией и сибирской язвой. Представленные материалы свидетельствуют об участии компании в реализации проекта UP-8, направленного на изучение распространения вируса Конго-Крымской геморрагической лихорадки и хантавирусов на территории Украины.

Деятельность компании «Black&Veatch» вызвала множество вопросов даже у украинских спецслужб. Еще в 2015 г. херсонское управление службы безопасности Украины в своей докладной записке указывало: «...Следует упомянуть проекты DTRA минобороны США (через компанию «Black&Veatch Special Projects Corp»), направленные на установление контроля за функционированием микробиологических лабораторий Украины по исследованию патогенов особо опасных инфекционных заболеваний, которые могут быть использованы для создания новых типов биологического оружия...».

В докладной записке делался вывод: «...подчиненность проектов Министерству обороны США – военному ведомству чужой страны – создает предпосылки для проникновения в региональные микробиологические лаборатории иностранных специалистов и их ознакомления с отечественными стратегическими разработками. Не исключается также возможность использования полученных при этом данных для обвинения нашей страны в причастности к разработке на ее территории биологического оружия...». В документе рекомендовано установить особый режим наблюдения за деятельностью компании со стороны спецслужб в целях обеспечения стабильности биологической защиты Украины [12].

Приведенные свидетельства подтверждают участие государственных органов США, подрядных организаций и должностных лиц в финансировании, организации и сопровождении на территории Украины исследований

и разработок, осуществлявшихся в нарушение КБТО. Это свидетельствует о непринятии США и Украиной необходимых мер по запрещению и предотвращению разработки, производства и накопления биологического оружия в рамках Статьи IV КБТО.

Вопросы, заданные российской стороной, в ходе Консультативного совещания остались без должной реакции со стороны США и Украины, а прозвучавшие ответные выступления были лишь попыткой сместить внимание на проблему, не связанные с повесткой дня [13].

В частности, большое внимание в выступлении делегации из США было уделено историческим аспектам программы снижения биологической угрозы. При этом американская сторона не указала, что ее первоначальные цели, связанные с потенциалом бывшего СССР, были достигнуты еще в 2008 г., когда решением Конгресса США полномочия программы были изменены, а ее действие расширено на другие регионы мира, за пределами территорий бывшего Советского Союза. В этой связи не совсем понятно, с какими именно угрозами борется DTRA в настоящее время на территории постсоветского пространства.

В связи с тем, что по итогам мероприятия был принят «нулевой», ни к чему не обязывающий доклад, особую актуальность приобретают российские инициативы по укреплению КБТО.

Во-первых, это возобновление переговоров по юридически обязывающему протоколу к Конвенции, который включает списки микроорганизмов, токсинов, оборудования (по аналогии с контрольными списками КЗХО), носит всеобъемлющий характер и обладает эффективным механизмом проверки. Проект протокола был подготовлен международной экспертной группой VEREX еще в 2001 г.

Во-вторых – создание научно-консультативного комитета, имеющего широкую географическую представленность и равные права участников, при соблюдении так называемого «принципа десяти», в соответствии с которым решение должно приниматься с учетом альтернативной точки зрения, даже если она высказана всего одним государством.

В-третьих, это расширение мер укрепления доверия с обязательным объявлением государствами своей деятельности в биологической сфере за пределами национальной территории.

В связи с тем, что вопросы к военно-биологическим программам США и Украины по-прежнему остаются, Министерство обороны России продолжит дальнейшие шаги по прояснению ситуации.

Список источников

1. BWC Formal Consultative Meeting 26 August and 5–9 September 2022 Final report / Итоговый отчет консультативного совещания государств-участников Конвенции. URL: <https://meetings.unoda.org/section/bwc-fcm-2022-documents/> (дата обращения: 19.09.2022).
2. Вопросы Российской Федерации к США и Украине, касающиеся соблюдения ими обязательств в рамках Конвенции о запрещении разработки, производства и накопления запасов бактериологического (биологического) и токсинного оружия и об их уничтожении (КБТО), в контексте деятельности биологических лабораторий на территории Украины. BWC/CONS/2022/WP.26. General 7 September 2022. URL: <https://documents-dds-ny.un.org/doc/UNDOC/GEN/G22/480/83/PDF/G2248083.pdf?OpenElement> (дата обращения: 27.09.2022).
3. Вопросы к Украине, касающиеся соблюдения обязательств по первой части Статьи I Конвенции о запрещении разработки, производства и накопления запасов бактериологического (биологического) и токсинного оружия и об их уничтожении (КБТО), в контексте деятельности биологических лабораторий. BWC/CONS/2022/WP.7. General 6 September 2022. URL: <https://documents-dds-ny.un.org/doc/UNDOC/GEN/G22/480/61/PDF/G2248061.pdf?OpenElement> (дата обращения: 27.09.2022).
4. О санитарно-эпидемиологической ситуации на Украине. BWC/CONS/2022/WP.8*. General 13 September 2022. URL: <https://daccessods.un.org/access.nsf/Get?OpenAgent&DS=BWC/CONS/2022/WP.8&Lang=R> (дата обращения: 26.09.2022).
5. О целях и задачах сотрудничества США и Украины в сфере обеспечения санитарно-эпидемиологического благополучия населения. BWC/CONS/2022/WP.12. General 6 September 2022. URL: <https://documents-dds-ny.un.org/doc/UNDOC/GEN/G22/480/74/PDF/G2248074.pdf?OpenElement> (дата обращения: 26.09.2022).
6. Вопросы к Украине, касающиеся соблюдения обязательств по второй части Статьи I Конвенции о запрещении разработки, производства и накопления запасов бактериологического (биологического) и токсинного оружия и об их уничтожении (КБТО), в контексте деятельности биологических лабораторий. BWC/CONS/2022/WP.9. General 6 September 2022. URL: <https://documents-dds-ny.un.org/doc/UNDOC/GEN/G22/480/66/PDF/G2248066.pdf?OpenElement> (дата обращения: 26.09.2022).
7. Ukraine Biological Threat Reduction Program (BTRP). Program (BTRP) Phase II b. HDTRA1-08-D-0007-0004 CDRL A017. Country Science Plan (CSP). URL: https://z.mil.ru/files/morf/military/files/Svodnyi_otchet.pdf (дата обращения: 26.09.2022).
8. Patent US 8,967,029 B1. Toxic mosquito aerial release system (2015).
9. Patent US 8,794,155 B1. Hollow point payload capsules (2014).
10. Patent US 9,052,175 B1. Sabotage cartridge with toxic (2014).
11. Соглашение «О сотрудничестве в области предотвращения распространения патогенов, технологий и знаний, которые могут быть использованы при разработке биологического оружия» 2005 г. между министерством обороны США и министерством здравоохранения Украины. URL: https://www.mid.ru/ru/foreign_policy/international_safety/disarmament/drugie_vidy_omu/biologicheskoe_i_toksinnoe_oruzhie/1829221/ (дата обращения: 23.09.2022).
12. Вопросы к США, касающиеся соблюдения обязательств по Статье IV Конвенции о запрещении разработки, производства и накопления запасов бактериологического (биологического) и токсинного оружия и об их уничтожении (КБТО), в контексте деятельности биологических лабораторий на украинской территории. BWC/CONS/2022/WP.11. General 6 September 2022. URL: <https://documents-dds-ny.un.org/doc/UNDOC/GEN/G22/480/76/PDF/G2248076.pdf?OpenElement> (дата обращения: 26.09.2022).
13. Реакция на выступления Украины и США в связи с вопросами Российской Федерации, касающимися соблюдения указанными государствами обязательств по КБТО, в контексте деятельности биологических лабораторий на территории Украины. BWC/CONS/2022/WP.37. General 9 September 2022. URL: <https://documents-dds-ny.un.org/doc/UNDOC/GEN/G22/483/04/PDF/G2248304.pdf?OpenElement> (дата обращения: 26.09.2022).

Новые технологии уничтожения химического оружия – залог успешного завершения процесса химического разоружения

В.П. Капашин, В.Г. Мандыч, И.Н. Исаев, И.В. Коваленко, В.Л. Верига

Федеральное бюджетное учреждение «Федеральное управление по безопасному хранению и уничтожению химического оружия при Министерстве промышленности и торговли Российской Федерации», 115487, Российская Федерация, г. Москва, ул. Садовники, д. 4а

Поступила 10.06.2022 г. Принята к публикации 27.06.2022 г.

Для выполнения международных обязательств Российской Федерации по Конвенции о запрещении разработки, производства, накопления и применения химического оружия и о его уничтожении потребовались разработка и создание безопасных инновационных промышленных технологий и производств по уничтожению химического оружия. Цель работы – привести краткие характеристики разработанных и промышленно реализованных на различных объектах технологий уничтожения химического оружия. Уничтожение химического оружия осуществлялось на семи специально спроектированных и построенных для этих целей объектах, которые располагались в шести регионах страны. Выбор технологий уничтожения (утилизации) химического оружия был осуществлен на конкурсной основе в период с 1992 г. по 1995 г., при этом приоритет был отдан двухстадийной технологии, сущность которой заключалась в следующем: на первой стадии производилось расснаряжение (извлечение) ОВ из боеприпасов или емкостей и в «мягких» контролируемых условиях его химическая детоксикация, дегазация корпусов расснаряженных боеприпасов с последующей их термической обработкой; на второй стадии осуществлялось термическое обезвреживание или битумирование реакционных масс с последующим их захоронением. В основу двухстадийной технологии уничтожения иприта и ипритно-люизитных смесей положено взаимодействие ОВ с 80 ± 5 % водным раствором моноэтаноламина (МЭА), который подавался в реактор при температуре $60-80$ °С в соотношении ОВ: дегазирующая рецептура – 1:1,2 по массе. Детоксикация ОВ считалась завершённой, если содержание его в реакционной массе (РМ) не превышало $3,2 \times 10^{-3}$ %. Для уничтожения люизита реализована «короткая схема» с использованием реактора струйного типа. Смешение исходных реагентов, люизита и 20 % раствора щелочи, происходило с помощью форсунки особой конструкции, на выходе из которой люизит закручивался специальным устройством (завихрителем) и в виде тонкой пленки вводился в реакционное пространство. Первая стадия уничтожения ОВ типа ви-икс осуществлялось в корпусах боеприпасов. Сам боеприпас рассматривался как химический реактор. Процесс детоксикации ОВ типа ви-икс считался завершённым при остаточном содержании ОВ на уровне 5×10^{-4} % и реакционная масса поступала для термического обезвреживания (вторая стадия). Всего было уничтожено 39966,588 т ОВ. Общее количество уничтоженных емкостей с ОВ и химических боеприпасов составило 4158456 шт. 27 сентября 2017 г. на объекте по уничтожению химического оружия «Кизнер» был уничтожен последний химический боеприпас и тем самым был завершён процесс полного уничтожения запасов химического оружия в Российской Федерации.

Ключевые слова: автоматизированная поточная линия; двухстадийная технология; объект по уничтожению химического оружия; отравляющие вещества; реактор струйного типа; химические боеприпасы; химическое оружие.

Библиографическое описание: Капашин В.П., Мандыч В.Г., Исаев И.Н., Коваленко И.В., Верига В.Л. Новые технологии уничтожения химического оружия – залог успешного завершения процесса химического разоружения // Вестник войск РХБ защиты. 2022. Т. 6. № 3. С. 213–228. <https://doi.org/10.35825/2587-5728-2022-6-3-213-228>

Пять лет назад завершен процесс уничтожения запасов химического оружия в Российской Федерации. Практические работы в интересах уничтожения химического оружия относятся к концу 1980-х гг. В СССР на основе научных разработок был создан мобильный комплекс уничтожения аварийных химических боеприпасов, который прошел соответствующую апробацию и успешно функционировал.

В 1986 г. Министерство обороны СССР развернуло работы по созданию полномасштабного объекта по уничтожению химического оружия в районе г. Чапаевска Куйбышевской области. В августе 1989 г. было завершено создание первой очереди объекта по уничтожению химического оружия в г. Чапаевске Куйбышевской области. Было смонтировано все технологическое оборудование и проведено его комплексное опробование на инертных средах. В это время началось движение общественности в г. Чапаевске и Куйбышевской области, направленное против пуска объекта в эксплуатацию. Сложившаяся социально-политическая обстановка сделала невозможным пуск первого в Советском Союзе объекта по уничтожению химического оружия.

В 1989 г., в соответствии с распоряжением Совета Министров СССР, объект по уничтожению химического оружия перепрофилирован в учебно-тренировочный центр по отработке на инертных средах технологий уничтожения химического оружия и подготовке кадров для работы на объектах по уничтожению этого оружия. Таким образом, Советскому Союзу предстояло начинать «с нуля» решать вопросы по созданию технической базы уничтожения химического оружия и выработке новой концепции уничтожения такого оружия.

В этих условиях Политбюро ЦК КПСС принимает постановление о разработке Государственной программы уничтожения химического оружия в СССР. В последующем, на основе указанной программы, была разработана федеральная целевая программа «Уничтожение запасов химического оружия в Российской Федерации».

В соответствии с положениями федеральной целевой программы «Уничтожение запасов химического оружия в Российской

Федерации» уничтожению подлежали все отравляющие вещества (ОВ), которыми были снаряжены авиационные и артиллерийские химические боеприпасы различного типа и калибра, а также ОВ, хранившиеся в различных емкостях¹.

Цель работы – привести краткие характеристики разработанных и промышленно реализованных на различных объектах технологий уничтожения химического оружия.

Уничтожение химического оружия осуществлялось на семи специально спроектированных и построенных для этих целей объектах, которые располагались в шести регионах страны. Объекты по уничтожению химического оружия представляли собой высокотехнологические производства, на которых были реализованы результаты передовых научных разработок и исследований. Основу безопасности функционирования объектов по уничтожению химического оружия составляли отечественные технологии уничтожения токсичных химикатов, автоматизация и механизация технологических процессов, использование современных технологий мониторинга и контроля процесса уничтожения химического оружия в различных зонах объекта, охрана здоровья работающего персонала и населения [1].

Выбор технологий уничтожения (утилизации) химического оружия был осуществлен на конкурсной основе в период с 1992 г. по 1995 г., при этом приоритет был отдан двухстадийной технологии, сущность которой заключалась в следующем:

- на первой стадии производилось расснаряжение (извлечение) ОВ из боеприпасов или емкостей и в «мягких» контролируемых условиях его химическая детоксикация, дегазация корпусов расснаряженных боеприпасов с последующей их термической обработкой;

- на второй стадии осуществлялось термическое обезвреживание или битумирование реакционных масс с последующим их захоронением^{2,3}.

В 1995 г. был проведен совместный российско-американский эксперимент по оценке российской двухстадийной технологии уничтожения фосфорорганических ОВ. Эксперимент проводился как в США, так и в России. Полученные результаты подтвердили правильность выбора двухстадийной технологии для ее

¹ Постановление Правительства Российской Федерации от 21 марта 1996 г. № 305 «Об утверждении федеральной целевой программы «Уничтожение запасов химического оружия в Российской Федерации»// Собрание законодательства Российской Федерации. 1996, № 14. Ст. 1448.

² Ульянов В.А. Проблемы химического разоружения в Российской Федерации / Третьи публичные слушания по проблеме уничтожения химического оружия. Курган, 1997.

³ Петрунин В.А., Шелученко В.В., Демидюк В.В. Безопасная, надежная и экологически чистая современная российская технология уничтожения химического оружия / Третьи публичные слушания по проблеме уничтожения химического оружия. Курган, 1997.

промышленной реализации в России, а технология прошла международную экспертизу⁴.

Технология уничтожения являлась краеугольным камнем для начала разработки проектов по созданию промышленных объектов по уничтожению химического оружия, с учетом всей номенклатуры имевшихся на хранении химических боеприпасов и емкостей с ОВ.

Отправной точкой в деле полномасштабного уничтожения химического оружия в нашей стране является 19 декабря 2002 г., когда началось промышленное уничтожение первой партии ОВ – иприта, на первом в Российской Федерации объекте по уничтожению химического оружия в пос. Горный Саратовской области.

В основу двухстадийной технологии уничтожения иприта и ипритно-люизитных смесей положено взаимодействие ОВ с 80 ± 5 % водным раствором моноэтаноламина (МЭА), который подавался в реактор при температуре 60–80 °С в соотношении ОВ: дегазирующая рецептура – 1:1,2 по массе. Время дозирования ОВ под слой дегазатора составляло до 4 ч.

Проведение операции детоксикации иприта и ипритно-люизитных смесей в реакторе осуществлялось в автоматическом режиме.

После прекращения подачи ОВ образовавшаяся в реакторе РМ выдерживалась в течение 1 ч с поддержанием температуры 95–120 °С, затем РМ охлаждалась до температуры 60 °С для осуществления автоматического отбора пробы РМ и ее анализа на полноту детоксикации иприта и ипритно-люизитных смесей.

Детоксикация ОВ считалась завершенной, если содержание его в РМ не превышало $3,2 \times 10^{-3}$ %. При положительном результате анализа РМ из реактора перекачивалась азотом в сборник. При отрицательных результатах проводилась повторная выдержка РМ при температуре 95–120 °С и повторный анализ. В случае необходимости добавлялся МЭА из расчета содержания его в РМ 4–6 % [2].

Всего на этом объекте уничтожено 1143,202 т иприта, люизита, ипритно-люизитных смесей, двойных и тройных смесей, содержащих иприт и люизит. Все ОВ хранились в цистернах и бочках. Уничтожение всех ОВ на этом объекте было завершено в декабре 2005 г.

В январе 2006 г. началось промышленное уничтожение 6349,0 т люизита на объекте по уничтожению химического оружия в г. Камбарка Удмуртской Республики.

При уничтожении ОВ на этом объекте была реализована оригинальная технология щелочного гидролиза люизита («короткая схема» или первая стадия основного технологического процесса детоксикации ОВ) с использованием реактора струйного типа⁵.

При разработке «короткой схемы» щелочного гидролиза люизита учитывалось, что процесс смешения рассматривался как целостная химико-технологическая система, в которой оборудование являлось центральным звеном.

К такому оборудованию предъявлялись требования обеспечения непрерывности технологического процесса, регулирования параметров смешения в широком диапазоне, простоты и надежности аппаратного оформления. Среди перспективных смесителей особо выделялись статические смесители, которые имели небольшие габариты при высокой производительности. Наиболее важной особенностью процесса смешения в таких смесителях являлась возможность его проведения, как в ламинарном, так и в турбулентном режимах для жидких сред с вязкостью до 10 сПз.

Термин «статические смесители» используется в виду того, что в устройствах данного типа отсутствуют какие-либо движущиеся части. Тем не менее, конструкция смесителей обеспечивает многократную перестройку поля скоростей и изменения направления линий тока смешиваемых компонентов. Вследствие этого достигается значительное увеличение поверхности раздела фаз.

Технические данные статических смесителей свидетельствуют об их явном преимуществе по сравнению с другими типами перемешивающего оборудования. Основные достоинства таких смесителей – простота изготовления рабочих органов, быстрота их замены, отсутствие застойных зон, малый рабочий объем смешения.

При обосновании возможности использования «короткой схемы» щелочного гидролиза люизита были выполнены исследования по математическому моделированию процесса щелочного гидролиза люизита, определены кинетические и термодинамические параметры гидролиза (2-хлорвинил)-дихлорарсина (далее α-люизит) и треххлористого мышьяка (ТХМ) под действием 20 % раствора гидроксида натрия в различных условиях [3]. Результаты этих работ имели большое значение для разработки узла нейтрализации люизита и отработки ре-

⁴ Петрунин В.А., Шелученко В.В., Демидюк В.В. Безопасная, надежная и экологически чистая современная российская технология уничтожения химического оружия / Четвертые публичные слушания по проблеме уничтожения химического оружия. Ижевск, 1998.

⁵ Баранов Ю.И., Казаков П.В., Афанасьев В.В. и др. Отчет по опытно-конструкторской работе Разработка «короткой схемы» процесса уничтожения люизита с использованием реактора эжекторного типа, шифр «Разгон». М.: ФГУП «ГосНИИОХТ», 2003.

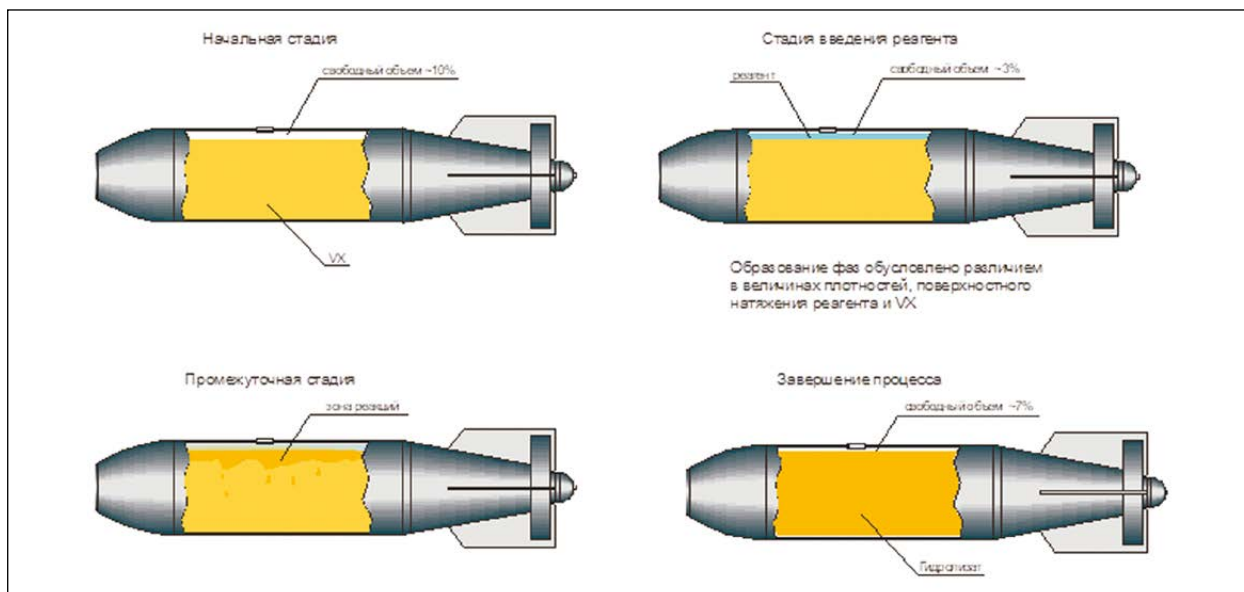


Рисунок 1 – Иллюстрация процессов, протекающих в авиационных химических боеприпасах после внесения реагента (фотография авторов)

жимов работы реактора с использованием эжекторной технологии.

Смешение исходных реагентов, люизита и 20 % раствора щелочи, происходило в струйном реакторе с помощью форсунки особой конструкции, на выходе из которой люизит закручивался специальным устройством (завихрителем) и в виде тонкой пленки вводился в реакционное пространство. Далее два параллельно движущихся потока интенсивно перемешивались и вступали в реакцию гидролиза с выделением тепла и парогазовой фазы, состоящей из ацетилена и паров реакционной массы. Конструкция аппарата (диаметр, длина) и скорость движения реагентов рассчитана таким образом, чтобы струйный реактор обеспечивал смешение компонентов и детоксикацию люизита за очень короткий отрезок времени [3]. Уничтожение люизита было завершено в 2009 г. ОВ на объекте хранилось в цистернах объемом 50 м³.

В сентябре 2006 г. началось крупномасштабное уничтожение фосфорорганических ОВ, которыми были снаряжены широкая номенклатура авиационных химических боеприпасов, и первым объектом по уничтожению данного вида химических боеприпасов являлся объект в пос. Мирный Кировской области.

На объекте впервые в мировой практике была реализована промышленная технология детоксикации ОВ типа ви-икс в корпусах авиационных химических боеприпасов. Двухстадийная технология уничтожения ОВ типа

ви-икс в корпусах боеприпасов получила название «Уничтожение ОВ в корпусе боеприпаса методом каталитического разложения»⁶.

Первая стадия данной технологии – химическая детоксикация ОВ типа ви-икс непосредственно в корпусе боеприпаса с получением реакционной массы – гидролизата, вторая стадия – извлечение реакционной массы из корпуса боеприпаса и последующая их термодеструкция. Суть технологии детоксикации ОВ типа ви-икс заключалась во введении через наливной узел химического боеприпаса определенного количества реагента, способствующего разложению ОВ (рисунок 1). При этом сам боеприпас рассматривался как химический реактор, а в качестве реактора рассматривались корпуса авиационных боеприпасов калибра 500 кг.

Количество реагента, добавляемого в боеприпас, составляло около 7 % от объема ОВ. Боеприпасы после внесения реагента возвращались в хранилище и выдерживались там при температуре окружающей среды в течение до трех месяцев. По истечении срока хранения реакционная масса извлекалась из боеприпаса и направлялась на термическое обезвреживание.

В последующем технология уничтожения ОВ в корпусе боеприпаса методом каталитического разложения была доработана и успешно применялась для авиационных химических боеприпасов калибров 150, 250 и 2000 кг.

На этом объекте также была решена задача по уничтожению химических боеприпасов БЧ

⁶ Петрунин В.А., Капашин В.П., Шелученко В.В. и др. Отчет по научно-исследовательской и экспериментальной работе «Разработка метода детоксикации отравляющего вещества VX в корпусах авиационных боеприпасов», шифр «Основа». М.: ФГУП «ГосНИИОХТ», 2001.



**Рисунок 2 – Общий вид агрегата
расснаряжения БЧ К-5
(фотография авторов)**



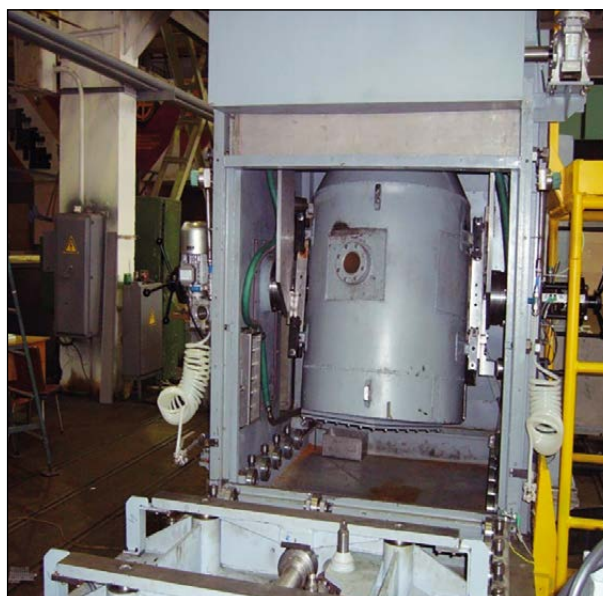
**Рисунок 3 – Ложемент с БЧ К-5 на каретке при
подаче по конвейеру в технологическую кабину
(фотография авторов)**

К-5⁷. Для этой цели был специально разработан агрегат расснаряжения.

Агрегат расснаряжения БЧ К-5 обеспечивал выполнение следующих основных технологических операций: загрузку и выгрузку боеприпасов; определение и регистрацию массы боеприпаса до и после расснаряжения; подачу боеприпаса в камеру расснаряжения; вскрытие корпуса боеприпаса; эвакуацию ОВ из боеприпаса в узел детоксикации; промывку опорожненного боеприпаса дегазатором; дегазацию зараженных поверхностей корпуса боеприпаса; выгрузку корпусов боеприпасов из камеры расснаряжения (рисунки 2–4).

Всего на объекте в пос. Марадыковский Кировской области было уничтожено 6890,14 т фосфорорганических ОВ, а также ипритно-люизитных смесей, которыми были снаряжены авиационные химические боеприпасы калибров 150, 250, 500 и 1500 кг. Уничтожение химического оружия было завершено в 2015 г.

В сентябре 2008 г. началось промышленное уничтожение фосфорорганических ОВ на объекте по уничтожению химического оружия в пос. Леонидовка Пензенской области. На этом объекте также была реализована промышленная технология уничтожения ОВ типа



**Рисунок 4 – Ложемент с БЧ К-5 в кабине
технологической (фотография авторов)**

ви-икс в корпусе боеприпаса методом каталитического разложения⁸ (рисунок 5).

С использованием классической двухстадийной технологии на данном объекте были

⁷ Кондратьев В.Б., Ратушенко В.Г., Глебов В.С. и др. Научно-технический отчет по опытно-конструкторской работе «Разработка опытного образца агрегата расснаряжения химических боеприпасов БЧ К-5», шифр «Агрегат-4». М.: ФГУП «ГосНИИОХТ», 2008.

⁸ Кондратьев В.Б., Уткин А.Ю., Шелученко В.В. и др. Отчет по научно-исследовательской работе «Комплекс исследований по научно-техническому обеспечению проектирования, строительства и ввода в эксплуатацию объекта по уничтожению химического оружия в п. Леонидовка Пензенской области», шифр «Ликсна». М.: ФГУП «ГосНИИОХТ», 2008.



Рисунок 5 – Участок залива реагента в корпуса боеприпасов на объекте по уничтожению химического оружия «Леонидовка» (фотография авторов)

также уничтожены модули боеприпасов 9-А-3264 с ОВ типа ви-икс.

Их уничтожение осуществлялось с использованием специально разработанного не имеющего аналогов агрегата расснаряжения⁹.

Сущность работы агрегата заключалась в извлечении ОВ из модуля и его смешение с дегазирующей рецептурой в реакторе (рисунки 6 и 7). Образовавшаяся реакционная масса в последующем перекачивалась в реактор-дозреватель. Процесс детоксикации ОВ типа ви-икс считался завершенным при остаточном содержании ОВ на уровне $5 \cdot 10^{-4} \%$ и реакционная масса поступала для термического обезвреживания.

Уничтожение химического оружия было завершено в 2015 г. Всего было уничтожено 6884,797 т фосфорорганических ОВ, которыми были снаряжены авиационные химические боеприпасы калибров 150, 250 и 500 кг.

В мае 2009 г. на объекте по уничтожению химического оружия в г. Щучье Курганской области началось промышленное уничтожение химических боеприпасов ствольной артиллерии, головных частей реактивных снарядов и головных частей ракет.

На данном объекте впервые отработывалась двухстадийная технология детоксикации фосфорорганических ОВ с применением автоматизированных поточных линий¹⁰.

Автоматизированная поточная линия обеспечивала выполнение следующих операций: транспортирование боеприпаса по технологическому потоку; идентификацию боеприпаса по габаритным размерам; шлюзование боеприпаса на стадию расснаряжения; контроль массы боеприпаса до расснаряжения; вскрытие боеприпаса; эвакуацию ОВ с помощью специального устройства, соединенного системой гибких и жестких трубопроводов с технологическими линиями; дегазацию внешней поверхности боеприпаса реагентом; промывку внутренней поверхности боеприпаса; контроль полноты дегазации; контроль массы боеприпаса после расснаряжения.

Основой автоматизированной поточной линии являлся агрегат расснаряжения. Агрегат расснаряжения был выполнен прямоточным и проходным. Основные технологические узлы агрегата обеспечивали выполнение технологических операций на трех технологических позициях в следующем порядке: позиция 1 –

⁹ Кондратьев В.Б., Ратушенко В.Г., Глебов В.С. и др. Отчет по опытно-конструкторской работе «Создание опытного образца агрегата расснаряжения модулей боеприпасов 9-А-3264», шифр «Агрегат-2». М.: ФГУП «ГосНИИОХТ», 2007.

¹⁰ Кондратьев В.Б., Уткин А.Ю., Шелученко В.В. и др. Отчет по научно-исследовательской работе «Комплекс исследований по научно-техническому обеспечению проектирования, строительства и ввода в эксплуатацию объекта по уничтожению химического оружия в г. Щучье Курганской области», шифр «Садовники». М.: ФГУП «ГосНИИОХТ», 2007.



Рисунок 6 – Перемещение модулей боеприпаса 9-А-3264 на рабочую позицию эвакуации ОВ (фотография авторов)



Рисунок 7 – Модуль боеприпаса 9-А-3264 на позиции эвакуации ОВ (фотография авторов)

вскрытие боеприпаса; позиция 2 – эвакуация ОВ из боеприпаса и его промывка; позиция 3 – дегазация опорожненного боеприпаса.

Технологические позиции располагались последовательно вдоль конвейера, выполненного в виде шагового транспортера.

Для повышения производительности при раснаряжении боеприпасов калибра 120, 122, 130, 140, 152 мм вышеперечисленные технологические узлы агрегата продублированы, и загрузка этих боеприпасов в агрегат раснаряжения проводилась попарно. Боеприпасы калибра 220 мм обрабатывались в агрегате по одному на каждом из первых технологических узлов.

Завершающими операциями процесса уничтожения химических боеприпасов являлась их термодезазация, а продукты детоксикации (реакционные массы) подвергались битумированию.

Уничтожение химического оружия на объекте было завершено в 2015 г. Всего было уничтожено 5456,55 т фосфорорганических ОВ, которыми были снаряжены химические боеприпасы калибров 85, 122, 130, 140, 152 и 220 мм.

В 2010 г. начались работы по уничтожению химического оружия на объекте по уничтожению химического оружия в г. Почеп Брянской области - самом крупном по запасам ОВ. На объекте «Почеп» так же была использована технология уничтожения ОВ типа ви-икс методом каталитического разложения, которая

успешно была применена на объектах «Мардыковский» и «Леонидовка».

На данном объекте хранились авиационные химические боеприпасы калибров 150, 250, 500 и 2000 кг, снаряженные фосфорорганическими ОВ. Их общее количество составляло 7498,155 т, это составляло 18,8 % общероссийских запасов.

Кроме того, на этом объекте впервые была отработана технология уничтожения ОВ типа ви-икс в корпусе боеприпаса калибра 2000 кг¹¹ (рисунок 8).

Уничтожение химического оружия на данном объекте было завершено в 2015 г.

Необходимо отметить, что важным достижением Российской Федерации является создание уникальной инновационной технологии промышленного уничтожения боеприпасов сложной конструкции. Данная технология разработана и внедрена впервые в мировой практике [4–6].

Актуальность проблемы заключалась в том, что химические боеприпасы с изделиями сложной конструкции, представляли собой корпус (оболочку) в которых находились вкладные элементы, содержащие ОВ, заряд взрывчатых веществ и средства инициирования. Конструкция корпуса (оболочки) таких химических боеприпасов позволяла проводить, при соблюдении определенных мер безопасности, их разборку и извлечение вкладных

¹¹ Кондратьев В.Б., Степанский М.Л., Демидюк В.В. и др. Отчет по научно-исследовательской работе «Комплекс исследований по научно-техническому обеспечению проектирования, строительства и ввода в эксплуатацию объекта по уничтожению химического оружия в г. Почеп Брянской области», шифр «Семцы». М.: ФГУП «ГосНИИОХТ», 2007.



Рисунок 8 – Участок внесения реагента в боеприпасы калибра 2000 кг (фотография авторов)

элементов, но делала невозможным извлечение из них заряда взрывчатых веществ и средств инициирования.

Характерная особенность устройства вкладных элементов изделий сложной конструкции предопределила необходимость их уничтожения в специализированных промышленных условиях с применением специально разработанных новых технологий [4–6].

Новизна и сложность решаемой проблемы потребовали постановки ряда научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ, направленных на разработку безопасных технологий и технологического оборудования для уничтожения химических боеприпасов с изделиями сложной конструкции.

Решение проблемы уничтожения химических боеприпасов с изделиями сложной конструкции осуществлялось в соответствии выработанной концепцией безопасного и эффективного их уничтожения¹².

В общем виде концепция уничтожения химических боеприпасов с изделиями сложной конструкции (ИСК) представлена в виде схемы на рисунке 9.

Концепция предусматривала следующие основные этапы (стадии) уничтожения химических боеприпасов с изделиями сложной конструкции:

- контроль технического состояния средств инициирования в составе вкладных элементов;

- ручная разборка химических боеприпасов, относящихся к изделиям сложной конструкции, с извлечением из них вкладных элементов и составных частей, содержащих продукты наполнения и спецхимии;

- автоматизированное расснаряжение вкладных элементов изделий сложной конструкции (извлечение ОВ и его детоксикация);

- безопасное тепловое иницирование взрывчатого вещества в расснаряженном вкладном элементе изделия сложной конструкции (подрыв) и утилизацию продуктов подрыва;

- уничтожение всех составных частей изделий, содержащих продукты спецхимии, полученных в результате разборки изделий или хранящихся отдельно.

Значительные сроки хранения рассматриваемых боеприпасов и специфика их конструктивного исполнения обусловили необходимость проведения комплексных исследований, направленных на разработку способов безопасного и эффективного уничтожения химических боеприпасов с изделиями сложной конструкции и сокращение технологической цепочки процесса уничтожения боеприпасов, в том числе и аварийных, и в целом на повышение безопасности процесса.

При этом были определены основные направления исследований и работ и решен комплекс последовательно выполняемых научно-технических и технологических задач

¹² Кармишин А.Ю., Ключер А.Е., Коваленко И.В. и др. Отчет о научно-исследовательской работе «Этапы создания и развития технологии уничтожения изделий сложной конструкции», шифр «Победа». М.: НИЦ ФУ БХУХО, 2015.



Рисунок 9 – Концепция уничтожения химических боеприпасов с изделиями сложной конструкции. ИСК - изделие сложной конструкции (схема Федерального управления ...)

Исходя из основных положений концепции безопасного и эффективного уничтожения химических боеприпасов с изделиями сложной конструкции, были осуществлены:

- экспериментально-теоретические исследования для определения безопасных условий служебного обращения с химическими боеприпасами с изделиями сложной конструкции; исследования для разработки критериев безопасного и эффективного уничтожения химических боеприпасов с изделиями сложной конструкции и сокращения технологической цепочки процесса их уничтожения, в том числе и аварийных, и повышения безопасности процесса;

- исследования для разработки учебно-тренировочных средств по всей номенклатуре изделий сложной конструкции;

- разработка опытного образца комплекса неразрушающего контроля для оценки технического состояния заряда взрывчатых веществ и средства инициирования в составе блоков 9-А-3109 и 9-А-3052;

- разработка опытных образцов наиболее важных узлов технологического оборудования для процесса уничтожения вкладных элементов изделий сложной конструкции: камеры уничтожения и агрегата расснаряжения вкладных элементов; разработка опытных образцов промышленных технологических



Рисунок 10 – Макет вкладного элемента 9-А-3109 (9-А-3052) (фотография авторов)



Рисунок 11 – Макет вкладного элемента 9-А-3420 (фотография авторов)

линий для уничтожения химических боеприпасов с изделиями сложной конструкции;

- разработка опытного образца установки для утилизации конструктивных элементов химических боеприпасов с изделиями сложной конструкции [6, 7].

К разработке технологии уничтожения химических боеприпасов с изделиями сложной конструкции приступили в 2003 г.¹³ В работе были обоснованы принципиальная схема уничтожения химических боеприпасов с изделиями сложной конструкции, состав и порядок работы технологических линий, разработан комплект специальной оснастки для разборки химических боеприпасов с изделиями сложной конструкции.

С 2007 г. ведутся опытно-конструкторские работы по разработке составных частей технологической линии: камеры уничтожения вкладных элементов и агрегата расснаряжения.

В создаваемых опытных образцах камеры уничтожения и агрегата расснаряжения должны были выполняться основные технологические стадии расснаряжения и уничтожения вкладных элементов изделий сложной конструкции двух типов, отличавшихся друг от друга конструктивным исполнением, типом содержащегося в них ОВ и массой взрывчатого вещества (рисунки 10 и 11).

Базовые требования при разработке и создании основных узлов технологического

оборудования для уничтожения вкладных элементов изделий сложной конструкции заключались в следующем:

- камеры уничтожения и агрегата расснаряжения должны обеспечивать поточное автоматизированное уничтожение вкладных элементов изделий сложной конструкции;

- производительность узлов расснаряжения и уничтожения вкладных элементов изделий сложной конструкции должна быть максимально возможной, но не менее 5 элементов/час;

- конструктивные и прочностные характеристики камеры уничтожения и агрегата расснаряжения должны обеспечивать максимальную безопасность уничтожения вкладных элементов изделий сложной конструкции^{14, 15, 16}.

Первые опытные образцы камеры уничтожения вкладных элементов и агрегата расснаряжения разработаны в 2007–2008 гг.

В последующем агрегат расснаряжения был подвергнут модернизации с целью повышения безопасности процесса расснаряжения вкладных элементов.

Разработанные образцы камеры уничтожения вкладных элементов и агрегата расснаряжения вкладных элементов позволили разработать принципиальную схему технологической линии расснаряжения и уничтожения вкладных элементов изделий сложной конструкции и приступить к их созданию (рисунок 12).

¹³ Кореньков В.В., Малютин О.П. и др. Отчет по опытно-конструкторской работе «Разработка и создание промышленного комплекса разборки изделий сложной конструкции и их уничтожение», шифр «Коксит-2». М.: ФГУП ГНПП «Базальт», 2003.

¹⁴ Мацеевич Б.В., Глинский В.П., Трофимов Ю.С. и др. Отчет по опытно-конструкторской работе «Разработка камеры уничтожения элементов изделий сложной конструкции», шифр «Камера». Красноармейск: ФГУП «КНИИМ», 2007.

¹⁵ Мацеевич Б.В., Глинский В.П., Трофимов Ю.С. и др. Отчет по опытно-конструкторской работе «Модернизация камеры уничтожения элементов изделий сложной конструкции», шифр «Погулянка». Красноармейск: ФГУП «КНИИМ», 2008.

¹⁶ Кондратьев В.Б., Шелученко В.В., Ратушенко В.Г. и др. Отчет по опытно-конструкторской работе «Разработка опытного образца агрегата расснаряжения боевых элементов изделий сложной конструкции», шифр «Агрегат-6». М.: ФГУП «ГосНИИОХТ», 2008.

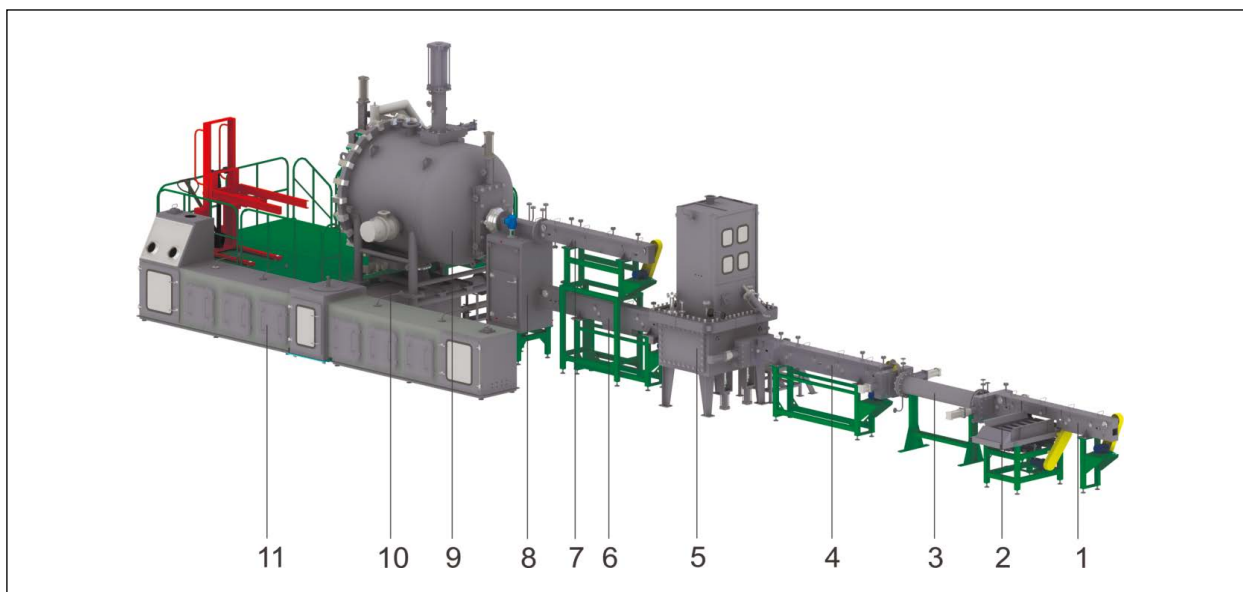


Рисунок 12 – Принципиальная схема технологической линии расснаряжения и уничтожения вкладных элементов (без оборудования для разборки химических боеприпасов):

1 – конвейер штанговый; 2 – устройство шаговой подачи с устройством взвешивания; 3 – устройство шлюзовое; 4 – устройство подачи в агрегат расснаряжения; 5 – агрегат расснаряжения вкладных элементов; 6 – устройство выгрузки с устройством взвешивания; 7 – толкатель; 8 – устройство подъема; 9 – камера уничтожения вкладных элементов; 10 – устройство выгрузки контейнера с осколками; 11 – устройство выдачи контейнера с технологической линии (схема авторов)

Для решения проблемы уничтожения изделий сложной конструкции были разработаны и внедрены два типа технологических линий:

- технологическая линия разборки и уничтожения авиационных химических боеприпасов с изделиями сложной конструкции со специальным технологическим оборудованием для их разборки^{17, 18, 19, 20};

- автоматизированная технологическая линия разборки и уничтожения химических головных частей ракет с изделиями сложной конструкции со специальным технологическим оборудованием для их разборки^{21, 22}.

Технологическая линия разборки и уничтожения изделий сложной конструкции воспроизводила наиболее предпочтительную и доступную технологию уничтожения: в герме-

¹⁷ Мацевич Б.В., Глинский В.П., Трофимов Ю.С. и др. Отчет по опытно-конструкторской работе «Разработка технологической линии разборки и уничтожения боеприпасов сложной конструкции на объекте по уничтожению химического оружия в пос. Марадьковский Кировской области», шифр «Блок». Красноармейск: ФГУП «КНИИМ», 2010.

¹⁸ Холстов В.И., Капашин В.П., Краснянский А.И. и др. Научно-технический отчет «Проект создания технологической линии в здании 1002 объекта по уничтожению химического оружия «Марадьковский» (пос. Мирный Кировской области). Уточненные исходные данные». Пенза: ОАО НПП «Химмаш-Старт», 2011.

¹⁹ Краснянский А.И., Кротович И.Н., Жмуркин С.М. и др. Отчет по опытно-конструкторской работе «Модернизация технологической линии разборки и уничтожения изделий сложной конструкции», шифр «Блок-М». Пенза: ОАО НПП «Химмаш-Старт», 2011.

²⁰ Холстов В.И., Капашин В.П., Краснянский А.И. и др. Научно-технический отчет № 953/12 «Модернизация технологической линии разборки и уничтожения боеприпасов сложной конструкции». Пенза: ОАО НПП «Химмаш-Старт», 2012.

²¹ Холстов В.И., Капашин В.П., Краснянский А.И. и др. Научно-технический отчет № 11681/13 «Создание технологической линии разборки и уничтожения боеприпасов сложной конструкции на объекте по уничтожению химического оружия в г. Щучье Курганской области», шифр «Примус». Пенза: ОАО НПП «Химмаш-Старт», 2013.

²² Чижевский О.Т., Смирнов А.В., Заглада В.И. Научно-технический отчет «Разработка установки по утилизации конструктивных элементов боеприпасов содержащих взрывчатые вещества и пиротехнические составы на объекте по уничтожению химического оружия в г. Щучье Курганской области», шифр «Крепость». М.: ФГУП «ФНПЦ «Прибор», 2010.

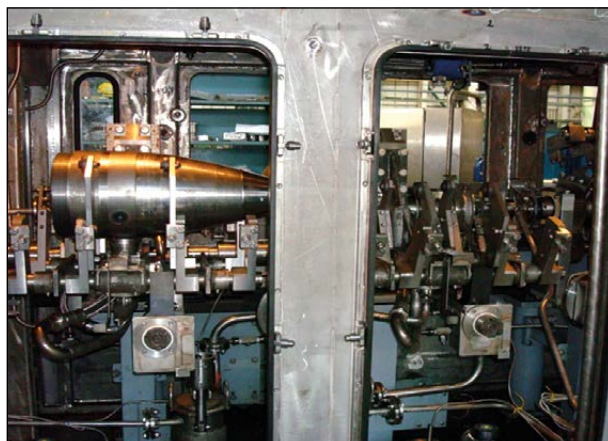


Рисунок 13 – Химический боеприпас калибра 240 мм на позиции эвакуации ОВ (фотография авторов)



Рисунок 14 – Доработанные блоки технологической обвязки агрегата расснаряжения (фотография авторов)



Рисунок 15 – Подготовка к передаче боеприпасов на поточную линию расснаряжения (фотография авторов)

точной камере вскрывался корпус вкладного элемента, ОВ извлекалось в дегазирующий раствор с образованием реакционной массы, а опорожненный от ОВ корпус вкладного элемента с зарядом взрывчатых веществ и средствами инициирования уничтожался путем подрыва в камере уничтожения [8].

Разработанная инновационная технология уничтожения химических боеприпасов сложной конструкции была внедрена на трех объектах по уничтожению химического оружия.

На объекте по уничтожению химического оружия «Леонидовка» было уничтожено 9084 боеприпаса, из которых были извлечены и затем уничтожены 112,536 тыс. вкладных элементов изделий сложной конструкции.

На объекте по уничтожению химического оружия «Марадыковский» было уничтожено 1,9 тыс. боеприпасов, из которых были извле-

чены и затем уничтожены 29,520 тыс. вкладных элементов изделий сложной конструкции.

На объекте по уничтожению химического оружия в г. Щучье Курганской области было уничтожено 133 боевые части ракет, из которых были извлечены и затем уничтожены 8,645 вкладных элементов изделий сложной конструкции.

Всего было уничтожено около 12 тыс. химических боеприпасов сложной конструкции, из которых было извлечено и уничтожено более 150 тыс. вкладных элементов с суммарным содержанием около 73 т ОВ.

В 2013 г. был введен в эксплуатацию последний объект по уничтожению химического оружия в пос. Кизнер Удмуртской Республики.

Здесь хранилось 5744,744 т фосфорорганических ОВ и люизита, которыми были снаряжены в химические боеприпасы ствольной артиллерии и головные части реактивных снарядов калибров 122, 130, 140, 152, 220 и 240 мм.

На данном объекте также применялась двухстадийная технология детоксикации фосфорорганических ОВ и люизита с применением автоматизированных поточных линий (рисунки 13–17).

Агрегат расснаряжения, входящий в состав автоматизированной поточной линии был доработан и позволял осуществлять расснаряжение боеприпасов калибров от 122 до 240 мм. Кроме того, с учетом особенностей извлечения из боеприпасов загущенного люизита, были доработаны узел эвакуации ОВ и технологическая обвязка агрегата расснаряжения.

27 сентября 2017 г. на объекте по уничтожению химического оружия «Кизнер» был уничтожен последний химический боеприпас и тем самым был завершен процесс полного



Рисунок 16 – Перегрузка боеприпаса на поточную линию расснаряжения (фотография авторов)

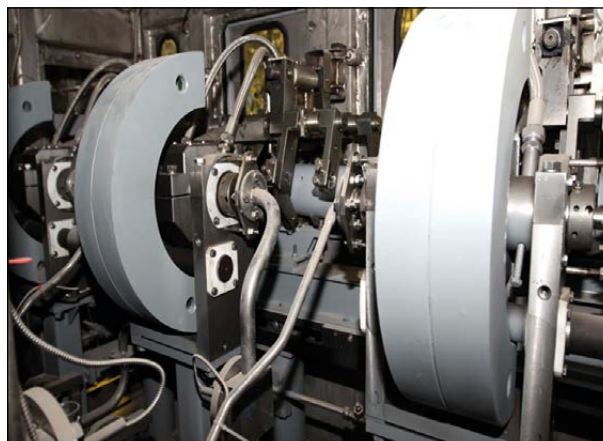


Рисунок 17 – Боеприпас в агрегате расснаряжения на позиции вскрытия и эвакуации ОВ (фотография авторов)

уничтожения запасов химического оружия в Российской Федерации.

Широкая номенклатура химических боеприпасов, подлежащих уничтожению, в том числе и боеприпасов с изделиями сложной конструкции, не позволяла создать универсальные технологии их уничтожения.

Для выполнения международных обязательств Российской Федерации по Конвенции о запрещении разработки, производства, на-

копления и применения химического оружия и о его уничтожении потребовались разработка и создание безопасных инновационных промышленных технологий и производств по уничтожению химического оружия в рамках президентской федеральной целевой программы «Уничтожение запасов химического оружия в Российской Федерации».

При выполнении комплекса научно-исследовательских и опытно-конструкторских

Таблица 1 – Режимы работы КТО в составе комплекса АТО объекта «Марадыковский»

Виды емкостей и боеприпасов	Количество, шт.
Емкости с отравляющими веществами кожно-нарывного действия	
Цистерны	84
Бочки	866
Контейнеры	5
Всего:	955
Авиационные химические боеприпасы	
с ОВ кожно - нарывного действия	279
с зарином	15726
с зоманом, в том числе с изделиями сложной конструкции	51174 10150
с ОВ типа ви-икс, в том числе с изделиями сложной конструкции	126388 750
Всего:	193567
Химические боеприпасы ракетных войск и артиллерии	
с зарином	2776235
с зоманом, в том числе с изделиями сложной конструкции	1043673 39
с ОВ типа ви-икс, в том числе с изделиями сложной конструкции	307934 94
с люизитом	30623
Всего:	4158456

работ, направленных на решение проблемы уничтожения химического оружия, были разработаны оригинальные и уникальные, не имеющие аналогов в мире, технологии:

- высокопроизводительная технология щелочного гидролиза люизита с использованием реактора струйного типа;
- технология уничтожения ОВ в корпусе боеприпаса методом каталитического разложения;
- двухстадийная технология детоксикации фосфорорганических ОВ с применением автоматизированных поточных линий;
- технология уничтожения химических боеприпасов с изделиями сложной конструкции на основе применения технологической линии разборки и уничтожения авиационных химических боеприпасов и автоматизированной

технологической линии разборки и уничтожения химических головных частей ракет.

Внедренные в процесс технологии уничтожения химического оружия подтвердили свою надежность, безопасность и высокую эффективность, что позволило успешно завершить уничтожение всех запасов химического оружия.

Всего было уничтожено 39966,588 т ОВ, а общее количество уничтоженных емкостей и боеприпасов приведено в таблице 1.

Организация по запрещению химического оружия зафиксировала факт полного уничтожения химического оружия в Российской Федерации соответствующими сертификатами.

Главные итоги завершеного процесса уничтожения химического оружия – не допущены потери ни одной человеческой жизни и не нанесен урон окружающей среде.

Вклад авторов/Authors Contribution

Все авторы внесли свой вклад в концепцию рукописи, участвовали в обсуждении и написании этой рукописи, одобрили окончательную версию. Все авторы прочитали и согласились с опубликованной версией рукописи / All authors contributed to the conception of the manuscript, the discussion, and writing of this manuscript, approved the final version. All authors have read and agreed to the published version of the manuscript.

Информация о конфликте интересов

Авторы заявляют, что исследования проводились при отсутствии любых коммерческих или финансовых отношений, которые могли бы быть истолкованы как потенциальный конфликт интересов.

Сведения о рецензировании

Статья прошла открытое рецензирование двумя рецензентами, специалистами в данной области. Рецензии находятся в редакции журнала и в РИНЦе.

Финансирование. Федеральное бюджетное учреждение «Федеральное управление по безопасному хранению и уничтожению химического оружия при Министерстве промышленности и торговли Российской Федерации».

Список источников / References

1. Петров С.В. Экспертная оценка технологий уничтожения запасов люизита // Рос. хим. ж. 1995. Т. 39. № 4. С. 4.
Petrov S.V. Expert evaluation of technologies for lewisite stocks destruction // Russian Chemical Journal. 1995. V. 39. No. 4. P. 4 (in Russian).
2. Умяров И.А., Кузнецов Б.А., Холстов В.И., Соловьев В.К. Методы уничтожения и утилизации запасов люизита и иприта // Рос. хим. ж. 1993. Т. 37. № 3. С. 25–28.
Umjarov I.A., Kuznecov B.A., Holstov V.I., Solov'ev V.K. Methods for the destruction and disposal of stocks of lewisite and mustard gas // Russian Chemical Journal. 1995. V. 37. No. 3. P. 25–28 (in Russian).
3. Петрунин В.А., Баранов Ю.И., Горский В.Г. и др. Математическое моделирование процесса щелочного гидролиза люизита. // Рос. хим. ж. 1995. Т. 39. № 4. С.15–17.
Petrunin V.A., Baranov Ju.I., Gorskij V.G. et al. Mathematical modeling of the process of alkaline hydrolysis of lewisite // Russian Chemical Journal. 1995. V. 39. No. 4. P. 25–28 (in Russian).
4. Капашин В.П., Кармишин А.Ю., Коваленко И.В. Создание технологии уничтожения БСК // Труды седьмой всероссийской конференции «Необратимые процессы в природе и технике», часть II. М.: МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2013.
Kapashin V.P., Karmishin A.Ju., Kovalenko I.V. Creation of BSC destruction technology // Proceedings of the seventh all-Russian conference «Irreversible processes in nature and technology», part II. Moscow: MSTU im. N.E. Bauman, 2013 (in Russian).
5. Капашин В.П., Холстов В.И., Краснянский А.И. Разработка технологии безопасного уничтожения боеприпасов сложной конструкции в снаряжении отравляющими веществами и неизвлекаемыми разрывными зарядами: монография. Минпромторг России, ФУ БХУХО. М.: 2014.

Kapashin V.P., Holstov V.I., Krasnjanskij A.I. Development of technology for the safe destruction of ammunition of complex design in equipment with poisonous substances and non-recoverable explosive charges: monograph. Ministry of Industry and Trade of Russia, FU ВНУНО. Moscow. 2014 (in Russian).

6. Капашин В.П., Холстов В.И., Мандыч В.Г. и др. Безопасный процесс уничтожения боеприпасов сложной конструкции – от концепции до технологии // Теоретическая и прикладная экология. 2015. № 3. С. 29–34.

Kapashin V.P., Holstov V.I., Mandych V.G. et al. Safe destruction of complex munitions – from concept to technology // Theoretical and Applied Ecology. 2015. No.3. P. 29–34. (in Russian).

7. Капашин В.П. Обеспечение безопасного процесса уничтожения химического оружия: моногра-

фия. ФУ БХУХО. М., 2017.

Kapashin V.P. Ensuring the safe process of destruction of chemical weapons: monograph. FU ВНУНО. Moscow. 2017 (in Russian).

8. Капашин В.П., Холстов В.И., Краснянский А.И. Разработка технологии безопасного уничтожения боеприпасов сложной конструкции в снаряжении отравляющими веществами и неизвлекаемыми разрывными зарядами. Монография. М.: Минпромторг России, ФУ БХУХО, 2014.

Kapashin V.P., Holstov V.I., Krasnjanskij A.I. Development of technology for the safe destruction of ammunition of complex design in equipment with poisonous substances and non-recoverable explosive charges. Monograph. Moscow: Ministry of Industry and Trade of Russia, FU ВНУНО. 2014 (in Russian).

Об авторах

Федеральное бюджетное учреждение «Федеральное управление по безопасному хранению и уничтожению химического оружия при Министерстве промышленности и торговли Российской Федерации», 115487, Российская Федерация, г. Москва, ул. Садовники, 4а.

Капашин Валерий Петрович. Начальник Федерального управления по безопасному хранению и уничтожению химического оружия (ФУБХУХО), д-р техн. наук, проф.

Мандыч Владимир Григорьевич. Заместитель начальника Федерального управления по безопасному хранению и уничтожению химического оружия (ФУБХУХО) (по технологии и производству), канд. техн. наук, проф.

Исаев Илья Николаевич. Начальник отдела, канд. хим. наук, доцент.

Коваленко Игорь Викторович. Консультант управления, канд. техн. наук, доцент.

Верига Валерий Львович. Главный инженер отдела.

Контактная информация для всех авторов: fubhuho@mil.ru

Контактное лицо: Лякин Алексей Станиславович; fubhuho@mil.ru

New Chemical Weapons Destruction Technologies as the Key to Successful Completion of Chemical Weapons Disarmament Process

V.P. Kapashin, V.G. Mandych, I.N. Isaev, I.V. Kovalenko, V.L. Veriga

Federal Directorate for Safe Storage and Destruction of Chemical Weapons, Sadovniki Street 4a, Moscow 115487, Russian Federation

Received June 10, 2022. Accepted June 27, 2022

The fulfillment of international obligations of the Russian Federation under the Convention on the Prohibition of the Development, Production, Stockpiling and Use of Chemical Weapons and on Their Destruction required the development and the creation of safe innovative industrial technologies and facilities for the destruction of chemical weapons. The *purpose of this work* is to give brief characteristics of the technologies for the destruction of chemical weapons developed and commercially implemented at various facilities. The destruction of chemical weapons was carried out at seven facilities specially designed and built for this purpose. These facilities were located in six regions of the country. The choice of technologies for the destruction (utilization) of chemical weapons was carried out on a competitive basis in the period from 1992 to 1995. The priority was given to the so-called two-stage technology. At the first stage, the toxic chemicals were extracted

from the munitions or the containers and detoxified chemically in «soft» controlled conditions. Then the empty munitions were degassed. At the second stage, thermal neutralization or bituminization of the reaction masses was carried out with their subsequent burial. The two-stage technology for the destruction of mustard and mustard-lewisite mixtures was based on the interaction of toxic chemicals with an $80 \pm 5\%$ aqueous solution of monoethanolamine, which was supplied into the reactor at a temperature of 60–80 °C in the ratio toxic chemical: degassing formulation - 1:1.2 according to mass. The detoxification process was considered completed if the content of toxic chemicals in the reaction mass did not exceed $3,2 \times 10^{-3}\%$. To destroy lewisite, a «short scheme» in a jet-type reactor was implemented. The mixing of the initial reagents, lewisite and 20% alkali solution, was carried out using a nozzle of a special design, where lewisite was swirled with a special device (swirler) and supplied into the reactor. The first stage of the destruction of V-gases was carried out in munitions cases. The munitions were considered as chemical reactors. The process of detoxification of V-gases was considered completed when the residual content of toxic chemicals was at the level of $5 \times 10^{-4}\%$, and the reaction mass was delivered for thermal neutralization (second stage). In total, 39966,588 tons of toxic chemicals were destroyed. The whole number of destroyed containers with agents and chemical munitions amounted to 4,158,456 units. On September 27, 2017, the last chemical weapon was destroyed at the Kizner chemical weapons destruction facility, thus completing the process of complete destruction of chemical weapons stockpiles in the Russian Federation.

Keywords: *automated production line; two stage technology; chemical weapons destruction facility; poisonous substances; jet-type reactor; chemical munitions; chemical weapons.*

For citation: *Kapashin V.P., Mandych V.G., Isaev I.N., Kovalenko I.V., Veriga V.L. New Chemical Weapons Destruction Technologies as the Key to Successful Completion of Chemical Weapons Disarmament Process // Journal of NBC Protection Corps. 2022. V. 6. № 3. P. 213–228. <https://doi.org/10.35825/2587-5728-2022-6-3-213-228>*

Conflict of interest statement

The authors declare that the research was conducted in the absence of any commercial or financial relationship that could be construed as a potential conflict of interest.

Peer review information

The article has been peer reviewed by two experts in the respective field. Peer reviews are available from the Editorial Board and from Russian Science Citation Index database.

Funding. Federal Directorate for Safe Storage and Destruction of Chemical Weapons, Sadovniki Street 4a, Moscow 115487, Russian Federation

References

See P. 226–227.

Authors

Federal Directorate for Safe Storage and Destruction of Chemical Weapons. Sadovniki Street 4a, Moscow 115487, Russian Federation.

Valery Petrovich Kapashin. Head of the Directorate. Doctor of Technical Sciences. Professor.

Vladimir Grigoryevich Mandych. Deputy Head of the Directorate (Technology and Production). Candidate of Technical Sciences. Professor.

Ilya Nikolaevich Isaev. Head of the Department. Candidate of Chemical Sciences. Associate Professor.

Igor Viktorovich Kovalenko. Management Consultant. Candidate of Technical Sciences. Associate Professor.

Valerij Lvovich Veriga. Chief Engineer of the Department.

Contact information for all authors: fubhuho@mil.ru

Contact person: Valery Petrovich Kapashin; fubhuho@mil.ru

Модульные защитные материалы, нейтрализующие токсины (фосфорорганические соединения и микотоксины) и проявляющие биоцидность к клеткам грамположительных и грамотрицательных бактерий

В.В. Завьялов¹, Н.В. Завьялова¹, В.И. Холстов¹, В.А. Ковтун¹, Г.А. Фролов², В.К. Гореленков³, И.В. Лягин⁴, Н.А. Степанов⁴, Е.Н. Ефременко⁴

¹ Федеральное государственное бюджетное учреждение «27 Научный центр» Министерства обороны Российской Федерации, 111024, Российская Федерация, г. Москва, проезд Энтузиастов, д. 19

² ООО «Научно-исследовательский институт эластомерных материалов и изделий», Российская Федерация, 111024, г. Москва, Перовский проезд, д. 2, стр. 1

³ НИПУ стали и сплавов, Российская Федерация, 119049, г. Москва, Ленинский проспект, д. 4

⁴ Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, химический факультет, 119234, Российская Федерация, г. Москва, Ленинские горы, д. 1, стр. 3

Поступила 12 июля 2022 г. Принята к публикации 23 сентября 2022 г.

Ранее нами был разработан принцип построения модульных материалов с заданными свойствами. *Цель работы* – изучение возможности придания модульным материалам (тканям) противохимических и бактерицидных защитных свойств. Проведенные экспериментальные исследования продемонстрировали возможность комбинирования модулей, содержащих карбоксилаты металлов, наночастицы металлов и ферментные наноконплексы для множественной функционализации одного и того же волокнистого материала и/или волокна. Волокнистые материалы в результате последовательного нанесения на их поверхность модульных рецептур, содержащих наноразмерные металлы и ферментные наноконплексы, приобретали биоцидные и противохимические защитные свойства. Установлено, что распылительный способ нанесения модулей на поверхность исследуемых материалов является более универсальным, так как аэрозольное нанесение позволяет нанести жидкость на любой смачиваемый материал равномерным поверхностным слоем. Бактерицидные свойства зависели от выбранного способа функционализации волокнистого материала. Полученные модульные волокнистые материалы также показали хорошие биокаталитические характеристики в отношении различных фосфорорганических соединений, микотоксинов. Продолжительность действия эффекта самодезинфекции и самодегазации волокнистых материалов, обработанных модульными рецептурами, содержащими наноразмерные металлы и ферментные наноконплексы, составляет как минимум 230 сут. Разработанные материалы и способ их получения могут быть использованы как в получении совершенно новых тканей для средств индивидуальной защиты, имеющих определенное целевое назначение, так и в выработке новых организационно-технических и методических подходов к обеспечению индивидуальной защиты личного состава Вооруженных Сил, иных войск Российской Федерации.

Ключевые слова: бактерицидные свойства материалов; детоксификация; защитные композиционные ткани; наноразмерные металлические частицы; наноразмерные ферментные комплексы; специальные свойства модульных материалов; токсины.

Библиографическое описание: Завьялов В.В., Завьялова Н.В., Холстов В.И., Ковтун В.А.,

Фролов Г.А., Гореленков В.К., Лягин И.В., Степанов Н.А., Ефременко Е.Н. Модульные защитные материалы, нейтрализующие токсины (фосфорорганические соединения и микотоксины) и проявляющие биоцидность к клеткам грамположительных и грамотрицательных бактерий // Вестник РХБ защиты. 2022. Т.6. № 3, С. 229–242. <https://doi.org/10.35825/2587-5728-2022-6-3-229-242>

В предыдущих наших публикациях рассмотрены принципы построения модульных защитных материалов с заданными свойствами и механизмы нанесения модулей, обеспечивающих нейтрализацию фосфорорганических соединений, токсинов и клеток микроорганизмов. Было показано, что модульные защитные материалы с заданными свойствами могут быть получены при нанесении на тканевую унифицированную платформу модульных защитных рецептур. Они представляют собой металлоорганические композиты с введенными в них наноразмерными металлическими комплексами, которые наносятся непосредственно на тканевую унифицированную платформу и придают модульным материалам свойство бактерицидности. Полученные композиты становятся новой платформой, которая имеет высокую стабильность и обладает бактерицидностью [1–5].

Для получения модульных материалов с бактерицидными свойствами разработаны нанодисперсные системы на основе металлов цинка (Zn) и тантала (Ta), обеспечивающие биоцидную активность и максимально сохраняющие ее в самом волокнистом материале. Бактерицидные свойства также зависели от выбранного способа нанесения модульных защитных рецептур на волокнистый материал [6–20].

Для получения нанодисперсных систем на основе металлов Zn и Ta и придания исследованным волокнистым материалам бактерицидных свойств был использован электрохимический метод при дуговом разряде в жидкой среде (воде или органическом растворителе), сопровождающийся коррозией металлического электрода и образованием металлических наночастиц [6, 21].

Для создания композиционных материалов и тканей со специальными заданными свойствами, такими как самоочистка (самодегазация), использовались модули, как специальные химически нейтральные – «Адгезионный», «Адсорбционный» и «Абсорбционный», так и химически активные, такие как «Дегазирующий» («Биохимический» и «Химический»). Их наносили на тканевую унифицированную платформу, уже обработанную металлоорганическими композитами, с введенными в них наноразмерными металлическими комплексами, обеспечивающими

бактерицидность. При этом соблюдались определенные требования нанесения количества и последовательности, не позволяющие нейтрализовать или вывести из рабочего состояния специфические модули и не мешающие другим модулям осуществлять свои функции [2, 3, 21].

Кроме того, ранее в работах [20–30] был предложен состав, изучены свойства и механизмы действия самодегазирующихся материалов, которые стали прообразом специальных модулей, как химически нейтральных, так и химически активных. Результаты этих исследований позволили создать модульные защитные материалы с заданными свойствами.

Цель работы – изучение возможности придания модульным материалам (тканям) противохимических и бактерицидных защитных свойств.

Определение влияния «Адгезионного» («Абсорбционного») модуля на работу «Бактерицидного» модуля. Как отмечалось ранее [3], на тканевую унифицированную платформу, в качестве которой применяется ткань параарамидная (волокно «Русар»), первоначально наносится модуль «Адгезионный». Он представляет собой карбоксилаты металлов, в которых в качестве неполярной части молекулы используется природная карбоновая кислота с высоким гидрофобным взаимодействием, а в качестве металлов могут быть применены: алюминий (Al), железо (Fe), стронций (Sr), барий (Ba), марганец (Mn), медь (Cu).

Поскольку «Адгезионный» модуль является универсальным абсорбентом для паров органических веществ, он способен повышать адгезионное крепление на поверхности ткани (волокон) других модулей и отвечать за захват и удерживание частиц поражающих агентов различной природы. Для выявления влияния «Адгезионного» модуля на функционирование «Бактерицидного» модуля, который наносится после «Адгезионного», были проведены эксперименты по определению бактерицидных свойств водных экстрактов из композитного материала (М), обработанного карбоксилатами различных металлов и спиртозолом Та (этиловый спирт). Исследование проводилось с использованием суспензий клеток грамотрицательных бактерий *Escherichia coli* и грамположительных бактерий *Bacillus cereus* на протяжении 48 часов. Полученные результаты исследования представлены в таблицах 1 и 2.

Таблица 1 – Изменение концентрации суспензионных клеток *E. coli* (КОЕ/мл) в течение 24 ч при экспонировании водного экстракта из анализируемого образца композитного материала М*, предварительно обработанного карбоксилатом указанного металла и спиртозолом Та (этилового спирта) (данные авторов)

Анализируемый образец	Время экспонирования клеток <i>E. coli</i> с водным экстрактом из анализируемого образца композитного материала, обработанного карбоксилатом указанного металла и спиртозолом Та (этилового спирта)				
	5 мин	15 мин	30 мин	3 ч	24 ч
Контроль (вода)	10 ⁷	10 ⁷	10 ⁷	10 ⁷	10 ⁶
Контроль (материал)	10 ⁷	10 ⁷	10 ⁷	10 ⁷	10 ⁷
Материал с нанесенным карбоксилатом алюминия(III)	10 ⁷	10 ⁷	10 ⁵	Единичные клетки	0
Материал с карбоксилатом железа(II)	10 ⁷	10 ⁷	10 ⁶	0	0
Материал с карбоксилатом стронция(II)	10 ⁷	10 ⁷	10 ⁶	10 ⁵	0
Материал с карбоксилатом бария(II)	10 ⁷	10	10 ⁷	10 ⁷	10 ⁶
Материал с карбоксилатом марганца(II)	10 ⁷	10 ⁷	10 ⁶	10 ⁷	0
Материал с карбоксилатом меди(II)	10 ⁷	10 ⁷	10 ⁷	1,8×10 ⁴	0

Примечание:
*Композитный материал (М) – четырехслойный материал с внешними упрочняющими слоями из вискозно-лавсановых основовазанных тканей и внутренними неткаными материалами типа «Спанбонд», между которыми внесен суперсорбент «Влагосорб» (фракция S) в концентрации 1 г/м². Все слои были скреплены термоклеевым дублированием [7].

Как следует из представленных данных, водные экстракты из композитного материала М, предварительно обработанного карбоксилатами различных металлов (модуль «Адгезионный») и спиртозолом Та (этилового спирта), использованного в качестве модуля «Бактерицидного», оказывали бактерицидное действие по отношению к суспензиям разных бактериальных культур (*E. coli* и *B. cereus*). При этом в отношении клеток грамотрицательных бактерий эффект наступал значительно быстрее. При этом водные экстракты из исследуемого композитного материала М, обработанного карбоксилатом алюминия или карбоксилатом железа и спиртозолом Та при экспонировании клеток в этих экстрактах в течение 3 и 24 часов, приводили к 100 % гибели грамотрицательных бактерий, что свидетельствовало о том, что модуль «Адгезионный» не влияет на работу модуля «Бактерицидного». Аналогичный результат для клеток грамположительных бактерий достигался спустя еще одни сутки.

Было установлено, что при экспонировании в течение 24 часов все карбоксилаты исследованных металлов, за исключением кар-

боксилата бария, с примененным спиртозолом Та (этиловый спирт), полностью уничтожали клетки грамотрицательных бактерий *E. coli*.

Результаты, приведенные в таблице 2, свидетельствуют о том, что грамположительные бактерии *B. cereus*, по сравнению с грамотрицательными бактериями *E. coli* являются более устойчивыми к действию спиртозола Та (этиловый спирт). 100 % гибель клеток этих бактерий наблюдалась только через 48 часов экспонирования в присутствии водного экстракта композитного материала М, на поверхность которого предварительно были нанесены карбоксилаты металлов и спиртозоль Та (этиловый спирт).

Необходимо также отметить, что наносить карбоксилаты различных металлов, спиртозоли и гидрозоли Та на исследуемые волокнистые материалы возможно различными методами в зависимости от впитывающих свойств материалов, применяемых в качестве основной платформы.

Для хорошо впитывающих материалов можно использовать распыление жидкости путем ее инъекции из капилляра воздухом, со-

Таблица 2 – Изменение концентрации суспензионных клеток *Bacillus cereus* (КОЕ/мл) в течении 48 ч при экспонировании водного экстракта из анализируемого образца композитного материала М, предварительно обработанного карбоксилатом указанного металла и спиртозолом Та (этилового спирта) (данные авторов)

Анализируемый образец	Концентрация клеток <i>Bacillus cereus</i> при экспонировании с водным экстрактом из анализируемого образца композитного материала, обработанного карбоксилатом указанного металла и спиртозолом Та (этилового спирта) в течение					
	5 мин	15 мин	30 мин	3 ч	24 ч	48 ч
Контроль (вода)	10^7	10^7	10^7	10^7	10^7	10^7
Контроль (материал)	10^7	10^7	10^7	$1,8 \times 10^4$	$1,5 \times 10^4$	$1,5 \times 10^4$
Материал с нанесенным карбоксилатом алюминия(III)	10^7	10^7	10^5	$4,0 \times 10^3$	$3,0 \times 10^2$	0
Материал с карбоксилатом железа(II)	$2,9 \times 10^4$	$9,0 \times 10^3$	$6,0 \times 10^3$	$5,0 \times 10^3$	$5,0 \times 10^2$	0
Материал с карбоксилатом стронция(II)	10^7	10^7	$1,2 \times 10^4$	$8,0 \times 10^3$	$5,0 \times 10^2$	0
Материал с карбоксилатом бария(II)	10^7	10^7	$5,0 \times 10^3$	$2,0 \times 10^3$	$3,0 \times 10^3$	0
Материал с карбоксилатом марганца(II)	10^7	10^7	$7,0 \times 10^3$	$4,0 \times 10^3$	$3,0 \times 10^3$	0
Материал с карбоксилатом меди(II)	10^7	10^7	$4,0 \times 10^3$	$4,0 \times 10^3$	$6,0 \times 10^3$	0

здание факела распыла аэрозоля и проведение обработки поверхности материала с установленной нормой расходов. Этот распылительный способ позволяет получить тонкую пленку на поверхности. Также возможно нанести жидкость тонкой струйкой или капельным способом до состояния полного впитывания жидкости. При полном впитывании в волокнистые материал, происходит равномерное распределение нанодисперсной фазы по всему объему материала. В таких случаях волокнистый материал можно также просто погружать в раствор с нанодисперсными частицами, с последующей стадией высушивания материала.

Экспериментально было определено, что для невпитывающих волокнистых материалов необходимо использовать только распылительный способ создания тонкой пленки. Распылительный способ нанесения модулей на поверхность исследуемых материалов является более универсальным, так как аэрозольное нанесение позволяет нанести жидкость на любой смачиваемый материал равномерным поверхностным слоем. Однако не только условия, но и кратность нанесения «Бактерицидного» модуля на тканевую платформу являются важными для свойств, проявляемых получаемым материалом.

Влияние кратности нанесения «Бактерицидного» модуля на уровень внутрикле-

точной концентрации АТФ в суспензиях грамотрицательных *E. coli* и грамположительных *B. subtilis* клеток бактерий, нанесенных на поверхность композитного материала, предварительно обработанного карбоксилатом меди или марганца. С использованием высокоспецифичного и чувствительного люциферин-люциферазного биoluminesцентного метода определения концентрации аденозинтрифосфата (АТФ) [31] было исследовано влияние кратности нанесения спиртозоля Та на остаточный уровень внутриклеточного АТФ в клетках грамотрицательных и грамположительных бактерий, экспонированных на поверхности композитного материала М, на которую предварительно был нанесен модуль «Адгезионный», в качестве которого применялся карбоксилат меди (Cu) или марганца (Mn) (рисунок 1).

Было установлено, что покрытие исследуемого материала модулем «Адгезионный» (карбоксилатом Cu или Mn) само по себе привносит определенный бактерицидный эффект, который только усиливается при нанесении поверх них модуля «Бактерицидный» (спиртозоль Та). По отношению к клеткам грамотрицательных *E. coli* максимальный эффект наблюдался уже при двух-трех-кратном нанесении наночастиц Та на материал с модулем «Адгезионный» (карбоксилат Cu).

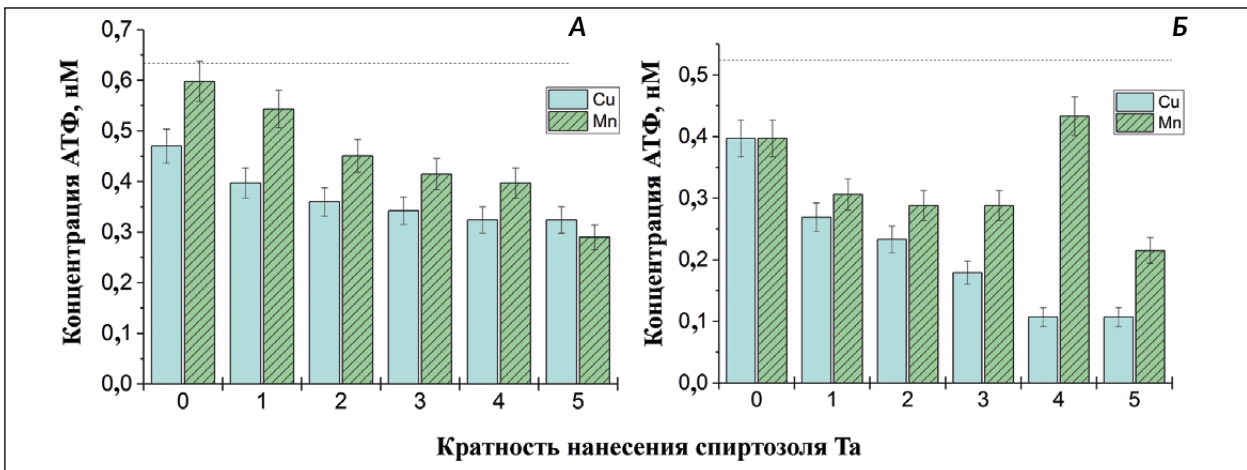


Рисунок 1 – Влияние кратности нанесения спиртозоля Та (этилового спирта) на уровень внутриклеточной концентрации АТФ в клетках бактерий *E. coli* (А) и *Bacillus subtilis* (Б), экспонированных на поверхности композитного материала, предварительно покрытого карбоксилатом Си или Мп. Уровень АТФ при нанесении клеток на исходный композитный материал отмечен пунктирной линией (данные авторов)

Чтобы достичь подобного эффекта с модулем «Адгезионный», в котором применялся карбоксилат Мп, потребовалось не менее 5-кратного аналогичного нанесения. По отношению к клеткам грамположительных *B. subtilis*, как оказалось, требуется не менее 4-кратного нанесения карбоксилата Си в качестве «Адгезионного» модуля на материал, и более чем 5-кратного нанесения модуля «Бактерицидного» (спиртозоль Та) в случае с модулем «Адгезионный», где применялся карбоксилат Мп.

Таким образом, для повышения эффективности действия бактерицидных свойств волокнистого материала и снижения кратности его обработки представляется целесообразным увеличение концентрации металла Та в исходном спиртозоле, используемого для нанесения на материал. Кроме того, модуль «Адгезионный» в виде карбоксилата Си показал лучшие результаты в модификации исследованного волокнистого материала по сравнению с карбоксилатом Мп.

Определение возможности восстановления бактерицидной активности волокнистых материалов с нанесенными на их поверхность модулями «Адгезионный» и «Бактерицидный». Исследование возможности восстановления бактерицидных свойств волокнистого материала было проведено на примере материала № 1 [20], на поверхность которого были нанесены модуль «Адгезионный» (карбоксилат Си) и модуль «Бактерицидный» (спиртозоль Та). Далее волокнистый материал был контаминирован клетками грамотрицательных бактерий *E. coli* и клетками грамположительных бактерий *Bacillus subtilis*. После этого (через 30 минут) материал был промыт

дистиллированной водой, и была определена остаточная бактерицидная активность материала в отношении аналогичных суспензионных клеток грамотрицательных и грамположительных бактерий *E. coli* и *B. subtilis* соответственно (рисунок 2). На промытые образцы материала были нанесены дополнительные концентрации спиртозоля Та, то есть проведено восстановление биоцидных свойств) и определена итоговая биоцидная активность материала. Полученные результаты представлены на рисунке 2.

Было установлено, что остаточной концентрации тантала после отмывки материала от наночастиц металла недостаточно, чтобы вызвать гибель бактерий на желаемом уровне (после промывки даже с расходом 1 мл/см² оставалось более 35–50 % жизнеспособных клеток на самом материале), а вот дополнительное нанесение новой порции спиртозоля Та на «отмытый» материал приводило к явному кумулятивному антибактериальному эффекту. В результате такой повторной обработки материал становился даже более эффективным (более бактерицидным) в отношении грамотрицательных *E. coli* и грамположительных *B. subtilis* клеток бактерий.

Таким образом, была показана возможность восстановления, как минимум, первоначальной бактерицидной активности волокнистых материалов после обработки их водой. Такая информация дает возможность полагать, что такой материал может быть пригодным для получения изделий, обладающих бактерицидностью, которые могут быть подвержены стирке с последующим восстановлением их бактерицидных свойств.

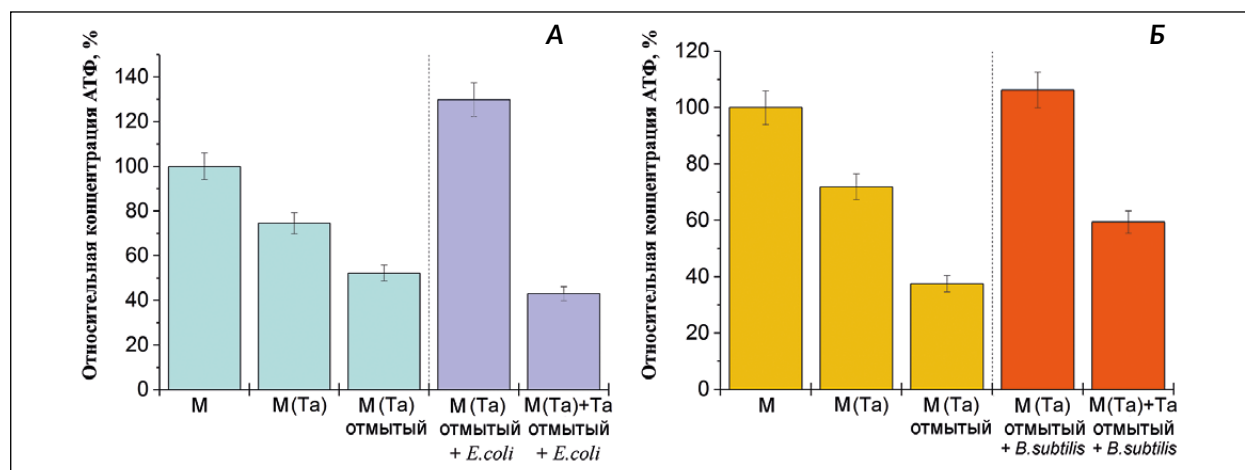


Рисунок 2 – Бактерицидная активность волокнистого материала № 1 (M) по отношению к клеткам *E. coli* (A) и *B. subtilis* (B) при экспонировании в течение 30 мин с повторной контаминацией материала при дополнительном нанесении спиртозоля Ta и без него (данные авторов)

Общие закономерности в изменении свойств волокнистых материалов в результате нанесения модульных рецептур, содержащих наноразмерные металлы и ферментные наноконплексы, обеспечивающие биоцидные и противохимические защитные свойства. В результате нанесения модульных рецептур, содержащих наноразмерные металлы и ферментные наноконплексы, обеспечивающие биоцидные и противохимические защитные свойства, изменяются и свойства самих волокнистых материалов. Так, нанесение металлоорганических покрытий приводит к образованию пленки на поверхности волокнистого материала. Для избежания проблемы агрегации наночастиц, которая приводит к неравномерному их распределению на поверхности материала, был проведен предварительный подбор как металла, так и самого волокнистого материала. Кроме того, для гарантированного бактерицидного действия материала была определена норма наносимых количеств наночастиц металла. Было показано, что эти нормы зависят от количества, наносимого на эту же ткань гидролитического фермента, в составе ферментных наноконплексов. Установлено, что полученные модульные волокнистые материалы проявляли хорошие биокаталитические характеристики в отношении различных фосфорорганических соединений, микотоксинов и обладали бактерицидностью за счет наличия на их поверхности металлических наночастиц [4].

Далее было исследовано комбинирование модуля «Бактерицидный» – металлсодержащих наночастиц Ta или Zn с модулем «Дегазирующий» («Биохимический») – ферментом $\text{His}_6\text{-ORH}$, который был стабилизирован в составе фермент-полиэлектrolитного

наноконплекса с полиглутаминовой кислотой (ПЭГ-ПГК₅₀) [22, 27].

Для нанесения модульных рецептур на волокнистые материалы были отобраны образцы четырех различных материалов (№ 1, 2, 3 и 4), свойства которых были недавно описаны [21]. Далее на эти материалы наносили модуль «Адгезионный» (карбоксилат меди или цинка), модуль «Бактерицидный» – наночастицы Ta или Zn в этаноле и модуль «Дегазирующий» («Биохимический») – фермент $\text{His}_6\text{-ORH}$ в составе полиэлектролитного наноконплекса ПЭГ/ПГК₅₀. Полученные в такой последовательности функционализированные волокнистые материалы сравнивали по их эффективности с теми, что были модифицированы карбоксилатом Cu и наночастицами металлов [20, 21]. На рисунке 3 представлены результаты сравнения.

Было показано, с течением времени даже на образцах самих волокнистых материалов без нанесения модулей наблюдалась гибель клеток бактерий и *E. coli* и *B. subtilis*. Однако нанесение модулей «Адгезионный», «Бактерицидный» и «Дегазирующий» («Биохимический»), в особенности, комбинация двух модулей – частиц тантала и фермента $\text{His}_6\text{-ORH}$ в составе полиэлектролитного конплекса с полиаминокислотой ускоряла гибель клеток микроорганизмов и привела к деконтаминации разных материалов.

В результате к 24 часу происходила практически полная гибель клеток, в то время как на контрольных образцах сохранилось от 20 до 50 % клеток бактерий. Максимальная степень элиминирования (рисунок 3) была в случае использования материалов 2, 3 и 4 в качестве тканевой унифицированной платформы, которую функционализировали комбинацией модулей, содержащих наночастицы тантала или цинка.

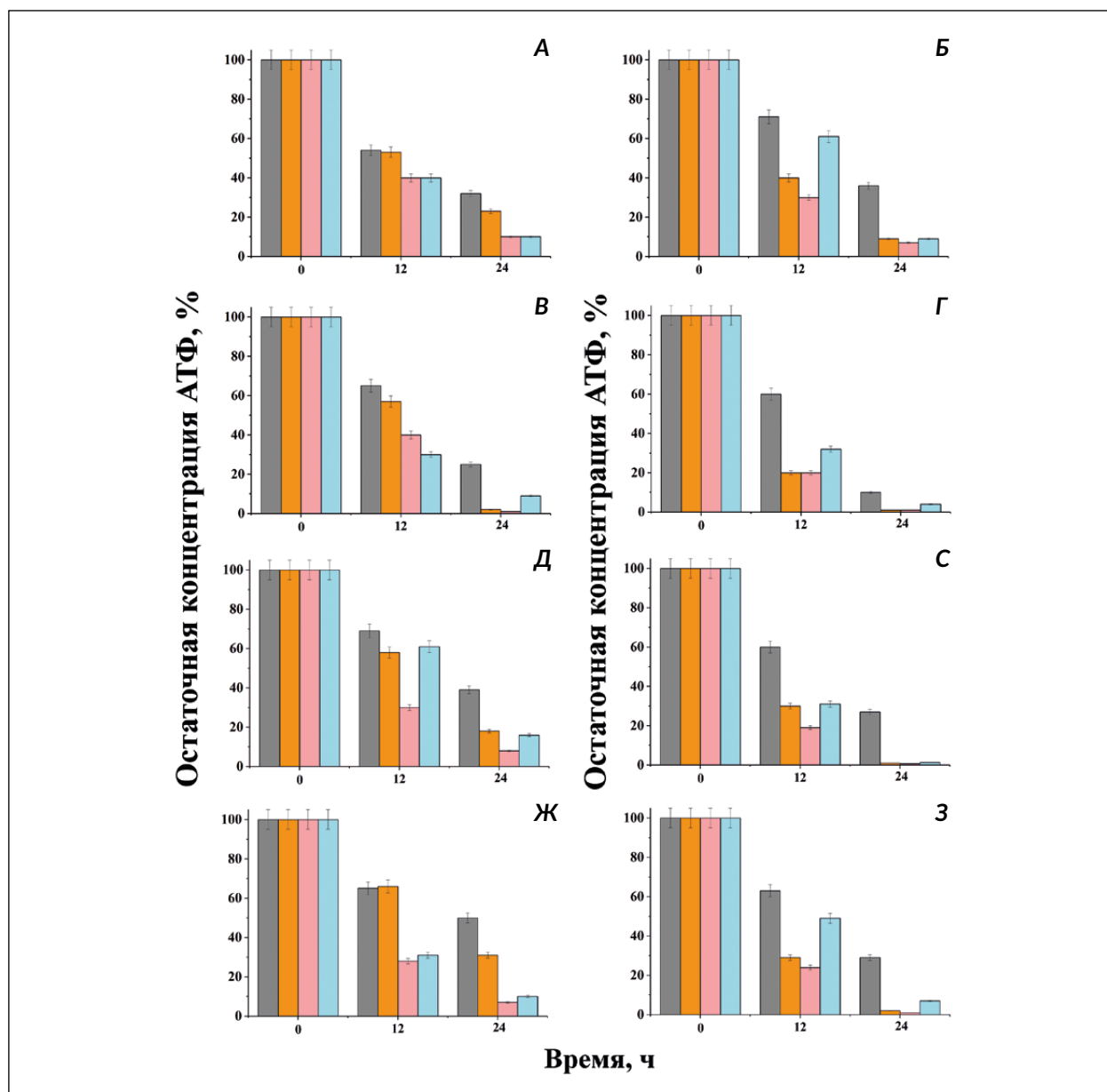


Рисунок 3 – Кинетика изменения остаточной внутриклеточной АТФ в клетках бактерий *B. subtilis* (А, В, Д, Ж) и *E. coli* (Б, Г, Е, З) в ходе их экспонирования на различных волокнистых материалах № 1 (А, Б), 2 (В, Г), 3 (Д, Е) и 4 (Ж, З), обработанных карбоксилатом меди, наночастицами Та, комплексами His₆-ОРН/ПЭГ-ПГК₅₀ (в карбонатном буфере рН 10,5) или их комбинациями. Величину АТФ в клетках в исходный момент времени принимали за 100%. Обозначения: ■ – контроль; ■ – наночастицы Та; ■ – наночастицы Та + His₆-ОРН/ПЭГ-ПГК₅₀; ■ – карбоксилат Си + наночастицы Та + His₆-ОРН/ПЭГ-ПГК₅₀ (данные авторов)

При этом чуть большую эффективность в отношении исследованных бактериальных штаммов демонстрировали материалы, для функционализации которых использовались именно наночастицы Та, несмотря на то, что и Та, и Zn наносили в количествах, соответствующих установленным уровням минимальных ингибирующих концентраций [4, 20].

Что же касается противохимических защитных свойств исследованных материалов,

то наблюдалась зависимость остаточной активности фермента His₆-ОРН преимущественно от типа волокнистого материала. При этом именно ферменту His₆-ОРН в составе создаваемых материалов отводилась основная задача по биохимической детоксификации разных возможных токсинов (фосфорорганических соединений и микотоксинов), гидролиз которых для данного фермента хорошо изучен в разных средах [23–30].

Было установлено, что использование материалов № 2, 3 и 4 было предпочтительнее для проявления каталитической активности ферментом His_6 -ОРН.

Как и ранее, для проявления бактерицидной активности волокнистые материалы, функционализированные тремя модулями «Адгезионным», «Бактерицидным» и «Дегазирующим» («Биохимическим»), содержащими карбоксилат Cu , наночастицы металла Ta и комплекс His_6 -ОРН/ПЭГ-ПГК₅₀, демонстрировали хорошее сохранение ферментативной активности. Так для материала № 3 эта активность составляла 74 %, для материала № 2 активность фермента составляла ~60 %, а для материала № 4 – 33 %. В случае использования наночастиц Zn вместо наночастиц Ta в «Бактерицидном» модуле активность фермента составляла от 30 до 40 % для материалов № 2, 3 и 4 соответственно.

Что же касается противохимических защитных свойств исследованных материалов, то наблюдалась зависимость остаточной активности фермента His_6 -ОРН преимущественно от типа волокнистого материала. Было показано, что использование материалов № 2, 3 и 4 является предпочтительным для максимизации активности фермента His_6 -ОРН в отношении его субстратов.

Таким образом, проведенные экспериментальные исследования успешно продемонстрировали возможность комбинирования модулей, содержащих карбоксилаты металлов, наночастицы металлов и ферментные наноконплексы для множественной функционализации одного и того же волокнистого материала и/или волокна. Волокнистые материалы в результате последовательного нанесения на их поверхность модульных рецептур, содержащих карбоксилаты металлов, наноразмерные металлы и ферментные наноконплексы, приобретали биоцидные и противохимические защитные свойства.

Изучение продолжительности действия самодезинфекции и химического самоочистения волокнистых материалов, обработанных модульными рецептурами, содержащими наноразмерные металлы и ферментные наноконплексы. Для изучения времени сохранения свойств самодезинфекции и химического самоочистения у волокнистых материалов, на поверхность которых были нанесены модули «Адгезионный», «Бактерицидный» и «Дегазирующий» («Биохимический»), содержащие соответственно, карбоксилат Cu , наночастицы металла Ta и комплекс His_6 -ОРН/ПЭГ-ПГК₅₀. В эксперименте использовались образцы материалов № 1, 2, 3 и 4, которые хранились при температуре 8–10 °С в обычном холодильнике в течение 251 суток. Бактерицидную активность

контролировали в отношении клеток грамотрицательных бактерий *E. coli*.

Результаты полученных исследований показали, что в большинстве случаев биоцидная активность материалов сохраняется или даже слегка улучшается в течение, как минимум, 230 суток. Было установлено, что в течение первых двух месяцев проводимого исследования в ряде случаев происходило заметное улучшение бактерицидного действия функционализированных волокнистых материалов. Так, материалы, на которые были нанесены модули «Адгезионный» и «Бактерицидный», содержащие карбоксилат Cu и наночастицы металла Ta без нанесенного модуля «Дегазирующий» («Биохимический»), то есть без ферментного комплекса His_6 -ОРН/ПЭГ-ПГК₅₀, оказались сопоставимыми по своим характеристикам с образцами, в которых был нанесен и модуль «Дегазирующий» («Биохимический»). Такой эффект мог возникнуть в результате контаминации микроорганизмами и/или продуктами их деградации, образующимися в ходе хранения или за счет химических и/или структурных превращений функционализированных волокнистых материалов.

Кроме того, такие же волокнистые материалы, на которые были нанесены модули «Адгезионный», «Бактерицидный» и «Дегазирующий» («Биохимический»), содержащие карбоксилат Cu , наночастицы металла Ta , а также ферментный комплекс His_6 -ОРН/ПЭГ-ПГК₅₀ и хранившиеся в течение длительного времени, были исследованы в реакциях гидролиза фосфорорганических соединений. Интересно, что, как и в случае с антибактериальной активностью, гидролитическая активность ферментного комплекса в составе волокнистого материала не изменялась значимо в течение 230 суток хранения. Снижение активности составляло менее 5–10 % от исходно нанесенной.

Таким образом, изучение продолжительности действия самодезинфекции и химического самоочистения волокнистых материалов, обработанных модульными рецептурами, содержащими наноразмерные металлы и ферментные наноконплексы, показало, что в большинстве случаев и антибактериальная, и гидролитическая активность сохраняются на высоком уровне в течение, как минимум, 8 месяцев.

Были проведены исследования по определению ингибиторной способности элюатов с волокнистых материалов, функционализированных карбоксилатами металлов, наночастицами металлов и ферментными комплексами в отношении индивидуальных чувствительных ферментов, а именно: рекомбинантной люциферазы светляков, ацетил- и бутирилхолинэстеразы из электрического угря и сыворотки

крови лошади, соответственно. Ни в одном из случаев установить ингибирование ферментативной активности достоверно не удалось.

При использовании еще более чувствительной системы выявления токсичности, основанной на использовании клеток фотобактерий *Photobacterium* sp. [20] было показано, что предел обнаружения такой биоаналитической системы составляет примерно 10 и 150 нг/мл для наночастиц Ta и Zn, соответственно [8, 9]. Используя указанный метод, были проанализированы образцы волокнистых материалов № 2–4, функционализированные наночастицами разных металлов, ферментами или их комбинациями. Полученные результаты свидетельствовали о том, что указанные волокнистые материалы не токсичны (при pH 7,5–10,5).

Таким образом, на основании проведенных исследований по оценке физиолого-гигиенических свойств самодегазирующихся и самоочищающихся волокнистых материалов можно заключить, что образцы волокнистых материалов № 2–4, функционализированные наночастицами металлов, ферментным гидролитическим комплексом или их комбинациями не могут оказывать негативного физиолого-гигиенического воздействия на организм человека при использовании защитных костюмов, изготовленных из данных материалов. При этом лучшие результаты могут быть получены при комбинировании наночастиц биологически инертного тантала и стабилизированного фермента в полиэлектролитном комплексе, который, как установлено, не вызывает негативных иммунных реакций человека даже при попадании их в кровоток¹[27].

Заключение

Изучение возможности придания материалам (тканям) противохимических и бактерицидных защитных свойств, за счет нанесения на тканевую унифицированную платформу модульных рецептур, содержащих наноразмерные металлы и наноразмерные ферментные комплексы, изучение особенностей и характеристик полученных материалов, а также способов нанесения на ткани модульных рецептур показало, что:

- модульные защитные материалы с заданными свойствами могут быть получены при нанесении на тканевую унифицированную платформу модульных защитных рецептур;
- модульные защитные рецептуры представляют собой металлоорганические композиты, с введенными в них наноразмерными

металлическими комплексами и наноразмерными ферментными комплексами, которые наносятся непосредственно на тканевую унифицированную платформу и придают модульным защитным материалам свойства бактерицидности и химического самоочищения (самодегазации);

- для создания композиционных материалов и тканей со специально заданными свойствами бактерицидности и химического самоочищения (самодегазации) используются модули как специальные химически нейтральные – «Адгезионный», «Адсорбционный» и «Абсорбционный», так и химически активные, такие как «Бактерицидный», «Дегазирующий» («Биохимический» и «Химический»);

- водные экстракты из композитного материала М, обработанного карбоксилатами различных металлов (модуль «Адгезионный») и спиртозольем Та (этилового спирта) (модуль «Бактерицидный»), оказывали 100 % бактерицидное действие по отношению к суспензиям грамотрицательных *E. coli* и грамположительных *B. cereus* бактериальных клеток, что свидетельствовало о том, что модуль «Адгезионный» не влияет на работу модуля «Бактерицидного»;

- распылительный способ нанесения модулей на поверхность исследуемых материалов является более универсальным, так как аэрозольное нанесение позволяет нанести жидкость на любой смачиваемый материал равномерным поверхностным слоем;

- для повышения эффективности действия и снижения кратности обработки, а также для усиления бактерицидности волокон или волокнистых материалов представляется целесообразным использовать большие концентрации металла Та в исходном спиртозоле;

- для гарантированного бактерицидного действия материала была определена норма наносимых концентраций наночастиц металла, а также установлено, что ее размер зависит от количества, наносимого на эту же ткань гидролитического фермента, содержащегося в составе ферментных наноконплексов;

- бактерицидные свойства зависели от выбранного способа функционализации волокнистого материала;

- полученные модульные волокнистые материалы проявляли хорошие биокаталитические характеристики в отношении различных фосфорорганических соединений, микотоксинов и обладали бактерицидностью за счет наличия на их поверхности металлических наночастиц;

¹ Завьялова Н.В., Ефременко Е.Н., Гореленков В.К., Фролов Г.А., Завьялов В.В., Лягин И.В., Степанов Н.А. Направленная множественная функционализация волокнистых материалов для придания им специальных биозащитных свойств // Заключительный отчет по гранту РФФИ № 18-29-17069. М.: 27 ИЦ МО РФ. 2022 г. Инв. № 6299. С. 184.

- проведенные экспериментальные исследования успешно продемонстрировали возможность комбинирования модулей, содержащих карбоксилаты металлов, наночастицы металлов и ферментные наноконплексы для множественной функционализации одного и того же волокнистого материала и/или волокна. Волокнистые материалы в результате последовательного нанесения на их поверхность модульных рецептур, содержащих наноразмерные металлы и ферментные наноконплексы, приобретали биоцидные и противохимические защитные свойства;

- продолжительность действия эффекта самодезинфекции и самодегазации волокнистых материалов, обработанных модульными рецептурами, содержащими наноразмерные металлы и ферментные наноконплексы, составляет как минимум 230 суток;

- экспериментально доказана возможность придания широкому спектру материалов (тканей) заданных противохимических и бак-

терицидных защитных свойств посредством осуществления их функциолизации за счет нанесения на тканевую унифицированную платформу модульных рецептур, содержащих наноразмерные металлы и наноразмерные ферментные комплексы. Это может быть использовано как в получении совершенно новых тканей для средств индивидуальной защиты, имеющих определенное целевое назначение, так и в выработке новых организационно-технических и методических подходов к обеспечению индивидуальной защиты личного состава Вооруженных Сил, иных войск, воинских формирований и органов, а также населения Российской Федерации за счет перехода к практике функционализации, согласно описанному выше порядку, повседневного, в том числе полевого, обмундирования и повседневной одежды в качестве защитных вариантов, что может позволить не создавать заранее масштабные запасы специальных защитных костюмов и специальных защитных материалов.

Вклад авторов/Authors Contribution

Все авторы внесли свой вклад в концепцию рукописи, участвовали в обсуждении и написании этой рукописи, одобрили окончательную версию. Все авторы прочитали и согласились с опубликованной версией рукописи. / All authors contributed to the conception of the manuscript, the discussion, and writing of this manuscript, approved the final version. All authors have read and agreed to the published version of the manuscript.

Информация о конфликте интересов

Авторы заявляют, что исследования проводились при отсутствии любых коммерческих или финансовых отношений, которые могли бы быть истолкованы как потенциальный конфликт интересов.

Сведения о рецензировании

Статья прошла открытое рецензирование двумя рецензентами, специалистами в данной области. Рецензии находятся в редакции журнала и в РИНЦе.

Финансирование. Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (грант 18-29-17069).

Список источников/References

1. Завьялов В.В., Кужелко С.В., Завьялова Н.В. и др. Современные направления создания новых защитных материалов и тканей для средств индивидуальной и коллективной защиты от токсичных химикатов и клеток патогенов // Вестник войск РХБ защиты. 2019. Т. 3, № 3. С. 217–254. <https://doi.org/10.358.25/2587-5728-2019-3-3-217-254>

Zavialov V.V., Kujelko S.V., Zavyalova N.V. et al. Modern directions of creating new protective materials and tissues for means of individual and collective protection against toxic chemicals and pathogenic microorganisms // Journal of NBC Protection Corps. 2019. V. 3, № 3. P. 217–254. <https://doi.org/10.358.25/2587-5728-2019-3-3-217-254> (in Russian).

2. Завьялов В.В., Завьялова Н.В., Холстов В.И. и др. Стратегия разработки современных средств защиты на основе металлоорганических комплек-

сов с заданными свойствами // Вестник войск РХБ защиты. 2020. Т. 4, № 3. С. 303–335. <https://doi.org/10.35825/2587-5728-2020-4-3-303-335>

Zavyalov V.V., Zavyalova N.V., Kholstov V.I. et al. Strategy for development of modern protective equipment based on organometallic complexes with desired properties // Journal of NBC Protection Corps. 2020. V. 4, № 3. P. 303–305. <https://doi.org/10.35825/2587-5728-2020-4-3-303-335> (in Russian).

3. Завьялов В.В., Завьялова Н.В., Холстов В.И. и др. Использование модульности как принципа построения материалов на основе металлоорганических каркасных структур с заданными свойствами для создания современных средств защиты // Вестник войск РХБ защиты. 2021. Т. 5, № 2. С. 165–172. <https://doi.org/10.35825/2587-5728-2021-5-2-162-172>

Zavyalov V.V., Zavyalova N.V., Kholstov V.I. et

- al. Use of modularity as a principle of design of metal-organic framework-based materials with specified properties for creating modern protective equipment // *Journal of NBC Protection Corps*. 2021. V. 5, № 2. P. 165–172. <https://doi.org/10.35825/2587-5728-2021-5-2-165-172> (in Russian).
4. Завьялов В.В., Завьялова Н.В., Холстов В.И. и др. Бактерицидные свойства модульных защитных материалов // *Вестник войск РХБ защиты*. 2022. Т. 6, № 2. С. 113–126. <https://doi.org/10.35825/2587-5728-2022-6-2-113-126>
- Zavyalov V.V., Zavyalova N.V., Kholstov V.I. et al. Bactericidal properties of modular protective materials // *Journal of NBC Protection Corps*. 2022. V. 6, № 2. P. 113–126. <https://doi.org/10.35825/2587-5728-2022-6-2-113-126> (in Russian).
5. Завьялов В.В., Завьялова Н.В., Холстов В.И. и др. Противохимические свойства модульных защитных материалов // *Вестник войск РХБ защиты*. 2022. Т. 6, № 1. С. 4–19. <https://doi.org/10.35825/2587-5728-2021-6-1-4-19>
- Zavyalov V.V., Zavyalova N.V., Kholstov V.I. et al. Anti-chemical properties of modular protective material // *Journal of NBC Protection Corps*. 2022. V. 6, № 1. С. 4–19. <https://doi.org/10.35825/2587-5728-2021-6-1-4-19> (in Russian).
6. Leontev V.K., Pogorelski I.P., Frolov G.A. et al. Antibacterial properties aqueous colloid solutions of metal and metal oxide nanoparticles against dental plaque bacteria // *Nanotechnol. Russia*. 2018. V. 13. P. 195–198. <https://doi.org/10.1134/S1995078018020040>
7. Gunalan S., Sivaraj R. Green synthesized ZnO nanoparticles against bacterial and fungal pathogens // *Prog. Nat. Sci. Mater. Int*. 2012. V. 22. P. 693. <https://doi.org/10.1016/j.pnsc.2012.11.015>
8. Deryabina D.G., Efremova L.V., Karimov I.F. et al. Comparative sensitivity of the luminescent *Photobacterium phosphoreum*, *Escherichia coli*, and *Bacillus subtilis* strains to toxic effect of carbon-based nanomaterials and metal nanoparticles // *Microbiology*. 2016. V. 85. P. 198–206.
9. Vidovic S., Elder J., Medihala P. et al. ZNO nanoparticles impose a panmetabolic toxic effect along with strong necrosis, inducing activation of the envelope stress response in *Salmonella enterica* serovar enteritidis // *Antimicrob. Agents Chemother*. 2015. V. 59 (6). P. 3317–3338. <https://doi.org/10.1128/AAC.00363-15>
10. Azam A., Ahmed A. S., Oves M. et al. Antimicrobial activity of metal oxide nanoparticles against Gram-positive and Gram-negative bacteria: a comparative study // *Int. J. Nanomedicine*. 2012. V. 7. P. 6003–6009. <https://doi.org/10.2147/IJN.S35347>
11. Khashan K.S., Sulaiman G.M., Abdulameer F.A. et al. Antibacterial activity of TiO₂ nanoparticles prepared by one-step laser ablation in liquid // *Applied Sciences*. 2021. V. 11, P. 4623. <https://doi.org/10.3390/app11104623>
12. Guo B.L., Han P., Guo L.C. et al. The antibacterial activity of Ta-doped ZnO nanoparticles // *Nanoscale Res. Lett*. 2015. V. 10. e336. <https://doi.org/10.1186/s1167-015-1047-4>
13. Ansari S.A., Oves M., Satar R. et al. Antibacterial activity of iron oxide nanoparticles synthesized by coprecipitation technology against *Bacillus cereus* and *Klebsiella pneumoniae* // *Pol. J. Chem. Technol*. 2017. V. 19 (4). P. 110–115. <https://doi.org/10.1016/J.BCAB.2018.11.005>
14. Akbar A., Sadiqi M.B., Ali I. et al. Synthesis and antimicrobial activity of zinc oxide nanoparticles against foodborne pathogens *Salmonella typhimurium* and *Staphylococcus aureus* // *Biocatal. Agric. Biotechnol*. 2019. V. 17. P. 36–42. <https://doi.org/10.1016/j.bcab.2018.11.005>
15. Hayden S.C., Zhao G., Saha K. et al. Aggregation and interaction of cationic nanoparticles on bacterial surfaces // *J. Am. Chem. Soc*. 2012. V. 134. P. 6920–6923. <https://doi.org/10.1021/ja301167y>
16. Kumar R., Umar G., Nalva H.S. Antimicrobial properties of ZnO nanomaterials: a review // *Ceram. Int*. 2017. V. 43(5). P. 3940–3961. <https://doi.org/10.1016/J.CERAMINT.2016.12.062>
17. Allzahrani K.E., Niazy A.A., Alswieleh A.M. et al. Antibacterial activity of trivalent (CuZnFe) oxide nanoparticles // *Int. J. Nanomedicine*. 2018. V.13. P. 77–87. <https://doi.org/10.2147/IJN.S154218>
18. Heng B.C., Zhao X., Xiong S. et al. Toxicity of zinc oxide (ZnO) nanoparticles on human bronchial epithelial cells (BEAS-2B) is accentuated by oxidative stress // *Food Chem. Toxicol*. 2010. V. 48. P. 1762–1766. <https://doi.org/10.1016/j.fct.2010.04.023>
19. Dez-Pescual M.R. Percent progress in antimicrobial nanomaterial // *Nanomaterials*. 2020. V. 10. P. 2315. <https://doi.org/10.3390/nano10112315>
20. Frolov G., Lyagin I., Senko O. et al. Metal nanoparticles for improving bactericide functionality of usual fibers // *Nanomaterials*. 2020. V. 10. P. 1724. <https://doi.org/10.3390/nano10091724>
21. Lyagin I., Stepanov N., Frolov G., Efremenko E. Combined modification of fiber materials by enzymes and metal nanoparticles for chemical and biological protection // *Int. J. Mol. Sci*. 2022. V. 23. P. 1359. <https://doi.org/10.3390/ijms23031359>
22. Lyagin I.V., Efremenko E.N. Biomolecular engineering of biocatalysts hydrolyzing neurotoxic organophosphates // *Biochimie*. 2018. V. 144. P.115–121. <https://doi.org/10.1016/j.biochi.2017.10.023>
23. Фосфорорганические нейротоксины. Под ред. Варфоломеева С.Д., Ефременко Е.Н. РИОР: М. 2020. 380 с. <https://doi.org/10.29039/02026-5>
- Varfolomeev S.D., Efremenko E.N. (Eds.) *Organophosphorus Neurotoxins* // 1st ed.; Publ. Center RIOR: Moscow. 2020. 380 p. <https://doi.org/10.29039/02026-5> (in Russian).
24. Lyagin I., Efremenko E. Theoretical evaluation of suspected enzymatic hydrolysis of Novichok agents // *Catal. Commun*. 2019. V. 120. P. 91–94. <https://doi.org/10.1016/j.catcom.2018.11.019>
25. Ефременко Е.Н., Завьялов В.В., Завьяло-

ва Н.В. и др. Фильтрующе-сорбирующий самодегазирующийся материал для средств индивидуальной защиты от воздействия фосфорорганических соединений. Патент РФ на изобретение № 2330717 (10.08.2008).

Efremenko E.N., Zavyalov V.V., Zavyalova N.V. et al. Filtering-sorbing self-degassing material for personal protective equipment against the effects of organophosphorus compounds. RU Patent № 2330717 (10.08.2008) (in Russian).

26. Ефременко Е.Н., Лягин И.В. Современные биокатализаторы на основе гексагистидинсодержащей фосфорорганической гидролазы для химической и биологической защиты // Вестник войск РХБ защиты. 2019. Т. 3. № 2. С. 111–116. <https://doi.org/10.35825/2587-5728-2019-3-2-111-116>

Efremenko E.N., Lyagin I.V. Advanced biocatalysts based on hexahistidine-containing organophosphorus hydrolase for chemical and biological defense // Journal of NBC Protection Corps. 2019. V. 3. № 2. P. 111–116. <https://doi.org/10.35825/2587-5728-2019-3-2-111-116> (in Russian).

27. Efremenko E.N., Lyagin I.V., Klyachko N.L.

et al. A simple and highly effective catalytic nanozyme scavenger for organophosphorous neurotoxins // J. Control. Release, 2017. V. 247, P. 175–181. <https://doi.org/10.1016/j.jconrel.2016.12.037>

28. Lyagin I., Efremenko E. Enzymes, reacting with organophosphorus compounds as detoxifiers: diversity and functions // Int. J. Mol. Sci. 2021. V. 22. P. e1761. <https://doi.org/10.3390/ijms22041761>

29. Lyagin I., Efremenko E. Enzymes for detoxification of various mycotoxins: origins and mechanisms of catalytic action // Molecules. 2019. V. 24. № 13, P. 2362. <https://doi.org/10.3390/molecules24132362>

30. Lyagin I., Maslova O., Stepanov N., Efremenko E. Degradation of mycotoxins in mixtures by combined proteinous nanobiocatalysts: in silico, in vitro and in vivo // Int. J. Biol. Macromol. 2022, <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2022.07.17>

31. Stepanov N., Senko O., Perminova I., Efremenko E. A new approach to assess the effect of various humic compounds on the metabolic activity of cells participating in methanogenesis // Sustainability. 2019. V. 11. P. 3158. <https://doi.org/10.3390/su11113158>

Об авторах

Федеральное государственное бюджетное учреждение «27 Научный центр» Министерства обороны Российской Федерации – Организация, представляющая условия для реализации Проекта, Российская Федерация, 111024, г. Москва, проезд Энтузиастов, д. 19.

Завьялов Василий Владимирович. Старший научный сотрудник отдела, канд. хим. наук, профессор АВН, член коллектива, выполняющего грант.

Завьялова Наталья Васильевна. Главный научный сотрудник управления, д-р биол. наук, профессор, академик АВН, руководитель научного коллектива, выполняющего грант.

Холстов Виктор Иванович. Член дис. совета при 27 НЦ МО РФ, д-р хим. наук, профессор, руководитель научной школы, почетный химик Российской Федерации, академик РАЕН и АВН, член-корр. РАН и АН.

Ковтун Виктор Александрович. Начальник «27 Научного центра» Министерства обороны Российской Федерации, канд. хим. наук, доцент.

ООО «Научно-исследовательский институт эластомерных материалов и изделий», Российская Федерация, 111024, г. Москва, Перовский проезд, д. 2, стр. 1.

Гореленков Валентин Константинович. Ведущий научный сотрудник, д-р хим. наук, профессор, член коллектива, выполняющего грант.

НИПУ стали и сплавов, Российская Федерация, 119049, г. Москва, Ленинский проспект, д. 4.

Фролов Георгий Александрович Доцент кафедры, канд. хим. наук, доцент, член коллектива, выполняющего грант.

Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, химический факультет, 119234, Российская Федерация, г. Москва, Ленинские Горы, д. 1, стр. 3.

Лягин Илья Владимирович. Старший научный сотрудник, канд. хим. наук, член коллектива, выполняющего грант.

Степанов Николай Алексеевич. Научный сотрудник, канд. тех. наук, член коллектива, выполняющего грант.

Ефременко Елена Николаевна. Зав. лабораторией, д-р биол. наук, профессор, член коллектива, выполняющего грант.

Контактная информация для всех авторов: 27nc_l@mil.ru
Контактное лицо: Завьялова Наталья Васильевна, 27nc_l@mil.ru

Modular Protective Materials Neutralizing Toxins (Organophosphorus Compounds and Mycotoxins) and Exhibiting Biocidity to Gram-positive and Gram-negative Bacterial Cells

V.V. Zavyalov¹, N.V. Zavyalova¹, V.I. Kholstov¹, V.A. Kovtun¹,

V.K. Gorelenkov², G.A. Frolov³, I.V. Lyagin⁴, N.A. Stepanov⁴, E.N. Efremenko⁴

¹ Federal State Budgetary Establishment «27 Scientific Centre» of the Ministry of Defence of the Russian Federation. Entuziastov passage, 19, Moscow, 111024, Russian Federation

² Limited Liability Company «Scientific Research Institute of Elastomer Materials and Products». Perovsky Passage 2, Moscow 111004, Russian Federation

³ National University of Science and Technology MISIS. Leninsky Avenue 4, Moscow 119049, Russian Federation

⁴ Lomonosov Moscow State University, Faculty of Chemistry. Lenin Hills 1-3, Moscow 119991, Russian Federation

Received 12 July 2022. Accepted 23 September 2022

Earlier we have developed the principle of constructing modular materials with desired properties. *The aim of this work* is to study the possibility of imparting bactericidal protective properties to modular materials (tissues). The experimental studies have demonstrated the possibility of combining modules containing metal carboxylates, metal nanoparticles, and enzyme nanocomplexes for multiple functionalization of the same fibrous material and/or fiber. Fibrous materials, as a result of successive application of modular formulations containing nanosized metals and enzyme nanocomplexes, to their surface acquired biocidal and antichemical protective properties. It has been established that the spray method of applying modules to the surface of the studied materials is more universal, since aerosol application makes it possible to apply liquid to any wetted material with a uniform surface layer. The bactericidal properties depended on the chosen method of fibrous material functionalization. The obtained modular fibrous materials also showed good biocatalytic characteristics with respect to various organophosphorus compounds and mycotoxins. The duration of the effect of self-disinfection and self-degassing of fibrous materials treated with modular formulations containing nanosized metals and enzyme nanocomplexes is at least 230 days. The developed materials and the method of their production can be used both in obtaining completely new fabrics for personal protective equipment and in developing new organizational, technical and methodological approaches to ensuring personal protection of personnel of the Armed Forces of the Russian Federation.

Keywords: bactericidal properties of materials; detoxification; protective composite fabrics; metal nanoparticles; nanosized enzyme complexes; special properties of modular materials; toxins.

For citation: Zavyalov V.V., Zavyalova N.V., Kholstov V.I., Kovtun V.A., Frolov G.A., Gorelenkov V.K., Lyagin I.V., Stepanov N.A., Efremenko E.N. Modular Protective Materials Neutralizing Toxins (Organophosphorus Compounds and Mycotoxins) and Exhibiting Biocidity to Gram-positive and Gram-negative Bacterial Cells // *Journal of NBC Protection Corps*. 2022. V. 6. No. 3, P. 229–242. <https://doi.org/10.35825/2587-5728-2022-6-3-229-242>

Conflict of interest statement

The authors declare that the research was conducted in the absence of any commercial or financial relationship that could be construed as a potential conflict of interest.

Peer review information

The article has been peer reviewed by two experts in the respective field. Peer reviews are available from the Editorial Board and from Russian Science Citation Index database.

Funding. This work was carried out with the financial support of the Russian Foundation for Basic Research (RFBR) (Grant № 18-29-17069).

References

See P. 238–240.

Authors

Federal State Budgetary Establishment «27 Scientific Centre» of the Ministry of Defence of the Russian Federation. Entuziastov passage, 19, Moscow 111024, Russian Federation.

Vasily Vladimirovich Zavyalov. Senior Researcher. Candidate of Chemical Sciences. Professor of the Academy of Military Sciences. Grant team member.

Natalya Vasilyevna Zavyalova. Leading Researcher. Doctor of Biological Sciences, Professor. Academician of the Academy of Military Sciences. Grant team member.

Viktor Ivanovich Kholstov. Member of the Dissertation Council of the «27 Scientific Centre» of the Ministry of Defence of the Russian Federation. Doctor of Chemical Sciences, Professor. Honored Chemist of the Russian Federation. Academician of the Russian Academy of Natural Sciences and the Academy of Military Sciences. Corresponding Member of the Russian Academy of Sciences and the Russian Academy of Rocket and Artillery Sciences.

Viktor Aleksandrovich Kovtun. Head of the Centre. Candidate of Chemical Sciences, Associate Professor.

Limited Liability Company «Scientific Research Institute of Elastomer Materials and Products». Perovsky Passage 2, Moscow 111024, Russian Federation.

Valentin Konstantinovich Gorelenkov. Leading Researcher. Doctor of Chemical Sciences, Professor. National University of Science and Technology MISIS. Leninsky Avenue 4, Moscow 119049, Russian Federation. Grant team member.

National University of Science and Technology MISIS. Leninsky Avenue 4, Moscow 119049, Russian Federation.

George Alexandrovich Frolov. Candidate of Chemical Sciences, Associate Professor. Grant team member.

Lomonosov Moscow State University, Faculty of Chemistry. Lenin Hills 1-3, Moscow 119991, Russian Federation.

Ilya Vladimirovich Lyagin. Senior Researcher. Candidate of Chemical Sciences. Grant team member.

Nikolaj Alekseevich Stepanov. Candidate of Technical Sciences. Grant team member.

Elena Nikolayevna Efremenko. Laboratory Chief. Doctor of Biological Sciences, Professor. Grant team member.

Contact information for all authors: 27nc_1@mil.ru

Contact person: Natalya Vasilyevna Zavyalova; 27nc_1@mil.ru

Рицин и абрин как вероятные агенты биотеррора

Д.В. Печенкин, А.С. Горшков, М.А. Саблина, А.В. Еремкин,
С.С. Ипатов, Г.В. Куклина

Филиал федерального государственного бюджетного учреждения
«48 Центральный научно-исследовательский институт» Министерства обороны
Российской Федерации, 610000, Российская Федерация,
г. Киров, Октябрьский проспект, д. 119

Поступила 15.09.2022 г. Принята к публикации 27.09.2022 г.

Растительные токсины – рицин и абрин, получаемые в очищенном виде из бобов клецелины обыкновенной и абруса молитвенного соответственно, рассматриваются западными экспертами, как потенциальные поражающие агенты биологической природы. Цель работы – рассмотреть опасность применения ризина и абрина в качестве агентов биологического терроризма, а также провести оценку существующих подходов и средств выявления данных токсинов, лечения вызванной ими интоксикации, а также уровень разработки вакцинных препаратов. Оба токсина имеют сходную молекулярную структуру и механизм действия. Состоят из двух субъединиц – А (ферментативная) и В (связывающая), устойчивы к действию высокой температуры и крайних значений pH. В основе механизма их поражающего действия – необратимое ингибирование процесса синтеза белка. LD₅₀ ризина для человека, по разным данным, составляет 3 мкг/кг – при ингаляционном и внутривенном поступлении, 22–25 мкг/кг – при энтеральном, и порядка 500 мкг/кг – при подкожном введении. Абрин обладает большей токсичностью, чем рицин, его LD₅₀ для человека колеблется от 0,1 мкг/кг до 1 мкг/кг в зависимости от пути проникновения. При энтеральном отравлении ризином и абрином у пострадавших в течение нескольких часов от приема токсина появляются симптомы гастроэнтерита: чувство тошноты, рвота и боли в брюшной полости и груди, начинается диарея, может присутствовать кровотечение из различных отделов желудочно-кишечного тракта. В дальнейшем развиваются общеинтоксикационные симптомы (головная боль, слабость, повышение температуры) и симптомы полиорганного поражения – острая почечная недостаточность и острая печеночная недостаточность. В терминальной стадии выражены симптоматика сосудистого шока и сосудистого коллапса. Смерть обычно наступает на третьи сутки или позже. В статье подробно рассмотрена клиника поражения при других способах введения этих токсинов. Описаны случаи их применения в криминальных и террористических целях. Показаны основные подходы и современные средства индикации, средства лечения ризиновой и абриновой интоксикации, а также состояние разработки вакцинных препаратов. Приведенные данные показывают, что опасность этих токсинов, как поражающих агентов, в России недооценена. Необходима разработка диагностических тест-систем, позволяющих на ранних этапах выявлять интоксикацию растительными токсинами у пораженных и сами токсины на объектах внешней среды, а также специфических средств лечения и профилактики острых отравлений ризином и абрином.

Ключевые слова: абрин; биотерроризм; выявление; индикация; растительные токсины; рицин; токсичность.

Библиографическое описание: Печенкин Д.В., Горшков А.С., Саблина М.А., Еремкин А.В., Ипатов С.С., Куклина Г.В. Рицин и абрин как вероятные агенты биотеррора // Вестник войск РХБ защиты. 2022. Т. 6. № 3. С. 243-257. <https://doi.org/10.35825/2587-5728-2022-6-3-243-257>

Терроризм – идеология насилия и практика воздействия на принятие решения органами государственной власти, органами

местного самоуправления или международными организациями, связанные с устрашением населения и (или) иными формами

противоправных насильственных действий¹. Одной из форм терроризма является биотеррор, который предполагает использование в качестве основного инструмента биологические агенты – бактерии, вирусы и токсины. Несомненно, что одним из концептуальных средств противодействия биотеррору является поиск потенциальных агентов биотерроризма, а также последующая разработка средств диагностики, лечения и профилактики заболеваний и поражений, вызванных их применением, ведь уязвимость общества к биологическим агентам объясняется, главным образом, тем, что система медико-санитарной помощи не способна на данном этапе их своевременно обнаружить и предпринять необходимые меры защиты [1].

Цель работы – рассмотреть опасность применения растительных токсинов рицина и абрина в качестве агентов биологического терроризма, а также провести оценку существующих подходов и средств выявления данных токсинов, лечения вызванной ими интоксикации, а также уровень разработки вакцинных препаратов.

Материалы и методы. Для анализа информации, касающейся механизма действия токсинов, патогенеза, патоморфологических проявлений интоксикации, описания клинических случаев отравлений рицином и абрином использовались литературные источники, доступные через базу данных PubMed, а также полнотекстовые источники, представленные на сайтах тематических журналов *Toxinology* и *Clinical Toxicology*. Для первичного поиска публикаций были использованы следующие условия поиска: «ricin structure», «ricin molecular mechanism», «abrin structure», «abrin molecular mechanism», «ricin poisoning», «abrin poisoning». После просмотра аннотаций из выборки удаляли нерелевантные статьи, ограничений по датам выхода статей не применяли, языковые ограничения не устанавливали. Для анализа информации, посвященной описанию случаев биотеррористического применения рицина и абрина, использовали литературные источники, доступные через поисковую систему Google. Анализ информации проводили от общего к частному. Большинство источников, выявленных через поисковую систему Google, опубликовано в неиндексируемых изданиях, поэтому их не вносили в «Список источников», а указывали в сносках на соответствующих страницах текста статьи.

Актуальность рицина и абрина как агентов биотеррора. Более 20 лет назад центром по контролю заболеваемости США (CDC) были проанализированы более 40 биологических агентов (вирусы или группы вирусов, бактерии, риккетсии, грибы и токсины), разработаны общие критерии отбора тех агентов, которые представляют наибольшую опасность при биотеррористической атаке [2]. На основании проведенного анализа из большого перечня сформированы три категории биологических агентов – А, В и С, включающие агенты по степени значимости угрозы для мирного населения. Необходимо отметить, что данная классификация сохраняет актуальность и на сегодняшний день [3]. Ключевыми критериями, на основании которых производилось распределение биологических агентов по группам, были:

- высокая заболеваемость и смертность;
- потенциал для непосредственной трансмиссии от человека к человеку либо через переносчика;
- низкая инфекционная доза и высокая инфекционность аэрозоля, способная вызывать большие вспышки;
- способность контаминировать продовольственные и водные ресурсы;
- отсутствие специфических диагностических тестов и/или эффективного лечения;
- отсутствие безопасных и эффективных вакцин;
- потенциал вызывать страх у населения и медицинских работников;
- потенциал для использования в качестве биологического оружия.

Большинство предпринимаемых ныне противоэпидемических мер ориентированы на защиту мирного населения именно от агентов, относящихся к категории А (возбудители сибирской язвы, чумы, туляремии, вирусных геморрагических лихорадок, а также ботулинические токсины разных типов и ортопоксвирусы). В то же время, надзор и настороженность в отношении других категорий потенциальных агентов биотерроризма остаются гораздо меньшими. В этом отношении есть основания считать недооцененными растительные токсины – рицин и абрин.

Рицин – высокотоксичное вещество, включенное в первый список «Конвенции о запрещении разработки, производства, накопления и применения химического оружия и его уничтожении»². С учетом исторических реалий, он прочно ассоциируется с понятием биологи-

¹ Федеральный закон Российской Федерации от 06.03.2006 № 35-ФЗ (ред. от 26.05.2021) «О противодействии терроризму», ст. 3.

² Приложение о химических веществах. Список 1. URL: <https://www.opcw.org/ru/konvenciya-o-khimicheskom-oruzhii/prilozheniya/annex-chemicals/spisok-1> (дата обращения: 05.09.2022).

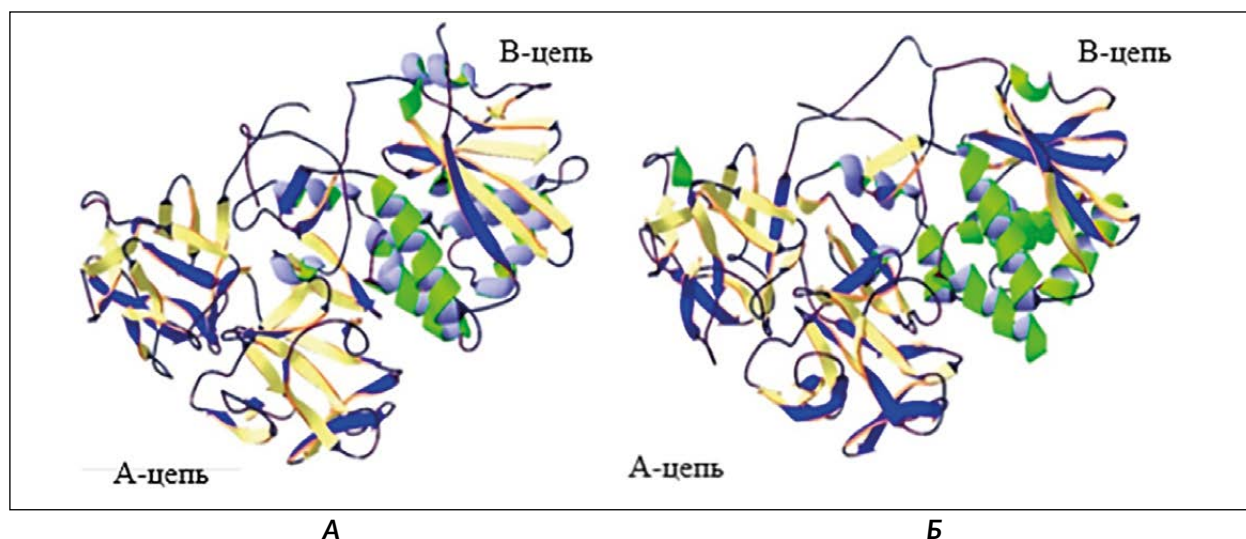


Рисунок 1 – Трехмерная структура рицина и абрина. А – трехмерная структура полипептидных цепей рицина; Б – трехмерная структура полипептидных цепей абрина [5, 6]

ческого оружия и «рукой Москвы», хотя с момента описанного инцидента с Г. Марковым рицин был неоднократно применен на территории США гражданами этой страны с различными целями, в том числе криминальными и террористическими, потому данный случай в статье не рассматривался принципиально. На фоне ангажированности проблематики применения рицина, «в серой зоне» остается проблематика потенциального использования биотеррористами абрина – белка более токсичного, чем рицин, но не включенного в Приложение о химических веществах «Конвенции...».

Структура и механизм действия рицина и абрина. Рицин и абрин – это гликопротеидные фитотоксины, содержащиеся в бобах растений *Ricinus communis* (клещевина) и *Abrus precatorius* (абрус молитвенный, четочник молитвенный) и относящиеся к группе лектинов – белков и гликопротеинов, способных специфически связываться с остатками молекул углеводов на поверхности клеток [4]. Рицин и абрин имеют сходную молекулярную структуру и механизм действия, состоят из двух субъединиц – А (RTA) и В (RTB), а также характеризуются высокой устойчивостью к действию высокой температуры и крайних значений рН. Молекулярная масса обоих токсинов составляет порядка 60000–65000 Дальтон (Да) и зависит от степени гликозилирования белка [5, 6]. Трехмерная структура молекул рицина и абрина представлена на рисунке 1³.

Молекулы токсина проникают в клетку путем рецептор-опосредованного эндоцитоза.

Связь молекулы токсина с чувствительной клеткой путем взаимодействия с гликопротеидными и гликолипидными рецепторами, содержащими остаток галактозы или N-ацетилгалактозамин, обеспечивает субъединица В. После проникновения в клетку токсин попадает в комплекс Гольджи, где происходит его протеолиз на две отдельные субъединицы. Субъединицы А рицина и абрина являются высокоэффективными N-гликозидазами. После выхода из комплекса Гольджи в цитозоль клетки А-субъединицы токсина взаимодействуют с рибосомами путем удаления специфического аденинового основания A4324 вблизи 3'-конца 28S рибосомальной РНК. Одна субъединица А способна инактивировать более 1000 рибосом в минуту. Таким образом, в клетке происходит необратимое ингибирование процесса синтеза белковых молекул, что приводит к гибели пораженной клетки [4, 7, 8].

Рицин и абрин различаются по степени токсичности, которая, в свою очередь, зависит от пути проникновения токсина в организм. Так, LD₅₀ рицина для человека, по разным данным, составляет 3 мкг/кг – при ингаляционном и внутривенном поступлении, 22–25 мкг/кг – при энтеральном, и порядка 500 мкг/кг – при подкожном поступлении [9]. Таким образом, для смертельного отравления бобами клещевины взрослому человеку будет достаточно порядка 20 семян, для ребенка смертельная доза может составлять всего 5–6 бобов [9–12]. Абрин обладает большей токсичностью, чем рицин, его LD₅₀ для человека колеблется от 0,1 до 1 мкг/кг в

³ Сайт моделирования третичных структур белков. RCSB PDB databank. URL: <http://www.rcsb.org>. (дата обращения: 05.09.2022).

Таблица 1 – Полулетальные дозы (LD_{50}) рицина и абрина при внутривенном введении [14]

Токсин	LD_{50} рицина и абрина (нг/кг массы) для			
	мыши	морской свинки	кролика	человека
Абрин	700	400–500	30–60	>300 (расчетно)
Рицин	2700	< 1100	-	>500 (расчетно)

зависимости от пути проникновения [9]. Представленные данные согласуются со значениями, указанными D.M. Gill (таблица 1) [14].

При энтеральном отравлении рицином и абрином у пострадавших в течение нескольких часов от приема токсина появляются симптомы гастроэнтерита: чувство тошноты, рвота и боли в брюшной полости и груди, начинается диарея, может присутствовать кровотечение из различных отделов желудочно-кишечного тракта. В дальнейшем развиваются общеинтоксикационные симптомы (головная боль, слабость, повышение температуры) и симптомы полиорганного поражения – острая почечная недостаточность и острая печеночная недостаточность. В терминальной стадии выражены симптоматика сосудистого шока и сосудистого коллапса. Смерть обычно наступает на третий день или позже. У погибших обнаруживают множественные изъязвления и геморагии на слизистой оболочке желудка и тонкого кишечника, некроз лимфоидных узлов брюшной полости, некроз Купферовских клеток, некротические очаги в печени, диффузный нефрит и сплениит [15].

Ингаляционное поражение рицином и абрином вызывает у лабораторных животных (крысы) диффузную некротизирующую пневмонию через 8 ч после ингаляции. Через 12 ч отмечаются первые признаки нарушения проницаемости гематоальвеолярного барьера, появляется выпот с большим содержанием белка и лейкоцитов. Через 18 ч развивается патоморфологическая картина альвеолярного отека легких. Гибель наступает через 36–48 ч от дыхательной недостаточности [15].

При внутривенном введении рицина и абрина первые симптомы отравления проявляются через 4–6 ч после инъекции. Внутримышечное и подкожное введение токсинов первоначально вызывает отек в области инъекции, который переходит в некроз мягких тканей, также возможно развитие некроза регионарных лимфатических узлов. Первые симптомы общеинтоксикационного характера могут быть гриппоподобными (повышение температуры, слабость, тошнота, боли в мышцах). Дальнейшие симптомы отравления, в основном, схожи с таковыми при энтеральном отравлении [15].

Случаи применения рицина и абрина.

До наших времен дошли сведения о выращивании клещевины еще в Древнем Египте, где касторовое масло использовалось в качестве слабительного средства и технической смазки. Аналогичное применение клещевина нашла и в других древних цивилизациях. История изучения рицина как токсиканта началась в конце XIX в., после обнаружения в бобах клещевины ядовитого белка, способного вызывать агглютинацию эритроцитов и преципитацию белков сыворотки крови. Использование рицина и абрина с научными целями описано в работах Sharon и Lis в 1972 г., антитоксическая сыворотка, способная нейтрализовать данные токсины, была получена Паулем Эрлихом [16].

История применения рицина с целью поражения войск и населения насчитывает порядка ста лет. Поскольку во время Первой мировой войны касторовое масло активно использовалось в авиации в качестве смазочного материала, его производство было достаточно масштабным, что делало легкодоступным сырье для производства рицина (жмых бобов клещевины). Ближе к концу Первой мировой войны служба химического вооружения США (англ. US Chemical Warfare Service) начала изучать рицин как возможный биологический поражающий агент. В силу своей высокой токсичности, доступности сырья и простоты производства рицин под кодовым наименованием «Рецептура W» рассматривался в США в качестве агента для создания биологического оружия в рамках наступательной программы биологической войны (англ. US Offensive Biological Warfare Program). Работа, проведенная в сотрудничестве с Великобританией, привела к разработке «Бомбы W» во время Второй мировой войны. До момента подписания «Конвенции...» в США рицин рассматривался как один из возможных биологических поражающих агентов [16, 17].

Одной из ключевых причин рассматривать рицин в качестве объекта исследований в данном направлении была и остается относительная легкодоступность сырья в виде жмыха – остатков технологического процесса получения касторового масла. В настоящее время ежегодный мировой оборот касторового масла оценивается примерно в 2,0–2,5 млн т.

Основными импортерами касторового масла на мировом рынке являются Европейский Союз, США и Япония. Предварительный рост мирового спроса на касторовое масло прогнозируется в районе от 3 до 5 % в год [18]. Во многом это связано с тем, что возрастает роль минеральных масел в создании смазочных компонентов и так называемого «биодизеля»: после этерификации и снижения вязкости такое масло можно использовать в качестве компонента топлив, доводя его долю в смеси вплоть до 20 %. К тому же, клещевина известна как декоративное садовое растение, и ее семена можно приобрести в садовых магазинах.

Технология выделения рицина из семян клещевины достаточно подробно описана в открытой научной литературе [19]. Несомненно, что для масштабного получения очищенного препарата рицина потребуются его ступенчатая очистка методом хроматографии, что затруднительно произвести в кустарных условиях. Тем не менее, доступ экстремистов к соответствующему оборудованию и технологиям – скорее, дело времени, чем принципа. Стоит принимать во внимание, что даже кустарно произведенные, неочищенные препараты рицина представляют реальную опасность для окружающих. В мире отмечено большое количество случаев использования неочищенных и слабоочищенных экстрактов рицина с целью суицида и покушения на убийство. Так, сравнительно недавно (2020 г.) в зарубежной литературе был описан случай очень тяжелой рициновой интоксикации экстрактом бобов клещевины кустарного производства [20]. Молодой человек в возрасте 21 года (студент университета) произвел себе подкожную инъекцию экстракта бобов клещевины в область левого локтевого сгиба в объеме 3 мл, после чего сообщил своей матери о том, что умрет в течение трех суток. После такого сообщения он был доставлен в течение 1 ч в медицинское учреждение, где получал необходимую детоксикационную интенсивную терапию, а также хирургическую помощь (некрэктомию кожных покровов с последующей пластикой). Оказалось, что для производства яда молодой человек получил мякоть 30 бобов клещевины (растения росли на придомовом участке) и растер ее в насыщенном солевом растворе (солевая экстракция белка). Внешний вид флакона с экстрактом, места инъекции и самих бобов представлены на рисунке 2.

Лечебные мероприятия заняли 113 суток, по окончании пациент был выписан с выздоровлением. Эти же авторы систематизировали в статье еще 10 случаев рициновой интоксикации с различными целями (суицид, убийство).

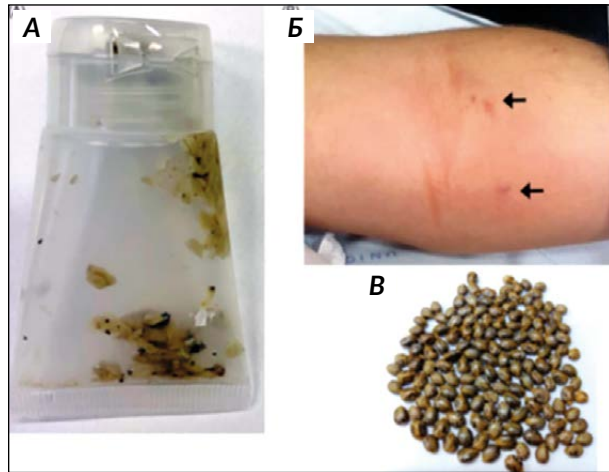


Рисунок 2 – Касторовые бобы, солевой экстракт и место инъекции экстракта у пациента, приводится по F. Viscaretti с соавт. А – флакон с экстрактом бобов клещевины; Б – место инъекции через час после введения препарата; В – бобы клещевины, обнаруженные дома у пациента [20]

Согласно данным М. Abbes с соавт., по состоянию на январь 2021 г. в мире описано 46 случаев отравления рицином [21]. Авторы провели большую работу по поиску и анализу литературы, проанализировав 2546 публикаций в поисковых системах Google, PubMed и Science Direct. Исключив данные исследований *in vitro*, дублирующиеся статьи и обзоры, авторы выбрали для анализа 33 сообщения в периодической научной печати за период с 1980 по 2020 гг. Оказалось, что большинство сообщений – 15 публикаций, отражающих 22 случая, приходятся на период после 2010 г., 7 публикаций (отражающих 9 случаев) приходится на период 2000–2010 гг., 3 публикации (отражающих 5 случаев) приходятся на период 1990–2000 гг. и 6 публикаций (отражающих 14 случаев) приходится на период ранее 1990 г. Как можно отметить, актуальность рициновой интоксикации в последнее время неуклонно возрастает. При этом 19 случаев пришлось на страны Азии, 12 – на страны Европы, 15 – на страны Америки, 3 – на страны Африки и 1 – на Австралию. Большинство пострадавших были младше 18 лет (24 случая, 48 %). Для возрастного периода 18–40 лет было зафиксировано 12 случаев (24 %). В более старших возрастных группах случаи рициновой интоксикации были распространены гораздо реже. Таким образом, рицин действительно является удобным высокотоксичным препаратом, получение которого возможно в кустарных условиях, что подтверждается не только общетеоретическими работами, но и фактами его криминального применения.

Рицин как оружие террористов применяется достаточно давно, факты его исполь-



Рисунок 3 – Машинка с имитатором рицина в аккумуляторном отсеке

зования предаются широкой огласке мировой общественности⁴. Большое количество случаев применения рицина зафиксировано в США. Так, в 1982 г. Техасский адвокат William Chanslor был приговорен к тюремному заключению за покушение на убийство своей жены рицином [22]. В 1995 г. Debora Green, онколог из штата Канзас, попыталась убить своего мужа, кардиолога Michael Farrar, рицином [22]. В ноябре 1999 г. агентами ФБР был задержан Dwayne Kuehl за угрозу убить рицином чиновников [22]. В 2002 г. за хранение одного грамма рицина в Вашингтоне был арестован Kenneth Olsen [22]. Если до 2000 г. преобладали сообщения криминального характера применения рицина, то после 2000 г. появились сообщения об использовании рицина крупными международными террористическими организациями. В августе 2002 г. в прессе появилось сообщение

о том, что боевики суннитской группировки «Ансар-аль-Ислам» проводят аэриобиологические испытания биологического оружия, в том числе рицина [22]. В декабре 2002 г. в Англии были арестованы шесть террористов, квартира которых служила «рициновой лабораторией». Нарработкой рицина при этом занимался 27-летний химик. В 2003 г. в газете «Коммерсантъ» со ссылкой на Главу Администрации Президента Российской Федерации появилось сообщение о том, что у одного из ликвидированных чеченских террористов при обыске была найдена методичка по производству рицина⁵.

Громкий мировой скандал по поводу рассылки «писем с сибирской язвой» оттеснил на второй план известия о рассылке аналогичных писем с рицином, относящиеся к 2003 г., когда неизвестный экстремист, именуемый себя «падший ангел», послал письма с рицином в Белый Дом (США). Результаты расследования о содержании этих писем можно найти в открытом доступе⁶. В 2013 г. письма с рицином были направлены должностным лицам США Роджеру Уикеру⁷, Бараку Обаме⁸, судье Сэдди Холланд⁹, мэру Нью Йорка Майклу Блумбергу¹⁰. В 2015 г. в Ливерпуле был задержан Мохаммед Али, который вдохновился просмотром сериала «Во все тяжкие» и пытался приобрести рицин в Даркнете. Имитатор рицина был послан Мохаммеду сотрудникам полиции в аккумуляторном отсеке игрушечной машинки¹¹ (рисунок 3).

В 2018 г. в Германии был арестован выходец из Туниса, который хранил рицин у себя дома¹². В сентябре 2020 г. письма с рицином были направлены президенту США Дональду Трампу¹³.

⁴ URL: https://en.wikipedia.org/wiki/List_of_incidents_involving_ricin (дата обращения: 01.09.2022).

⁵ Раскрыт заговор чеченских химиков. URL: <https://www.kommersant.ru/doc/358770> (дата обращения: 03.09.2022).

⁶ URL: http://ftp.cdc.gov/pub/epr/planning/prepconf2005/presentations/cross_cutting_goals/surveillance/DanielDrociuk.pdf (дата обращения: 03.09.2022).

⁷ Envelope tests positive for ricin at Washington mail facility. URL: <https://edition.cnn.com/2013/04/16/us/tainted-letter-intercepted> (дата обращения: 03.09.2022).

⁸ Authorities arrest Mississippi man in ricin letters to Obama, senator. URL: <https://news.yahoo.com/blogs/ticket/letter-addressed-obama-contained-suspicious-substance-153931701--politics.html> (дата обращения: 03.09.2022).

⁹ FBI searches for clues in ricin investigation. URL: <https://edition.cnn.com/2013/04/24/us/ricin-suspect-released/index.html> (дата обращения: 03.09.2022).

¹⁰ Мэру Нью-Йорка прислали письмо с рицином. URL: <https://lenta.ru/news/2013/05/30/letter/> (дата обращения: 03.09.2022).

¹¹ Breaking Bad fan jailed over Dark Web ricin plot. URL: <https://www.bbc.com/news/uk-england-34288380> (дата обращения: 03.09.2022).

¹² Суд выдал ордер на арест в Кельне тунисца за хранение сильного яда. URL: <https://www.dw.com/ru/суд-выдал-ордер-на-арест-в-Кельне-тунисца-за-хранение-сильного-яда/a-44213540> (дата обращения: 03.09.2022).

¹³ A package containing the poison ricin and addressed to Trump intercepted by law enforcement. URL: <https://edition.cnn.com/2020/09/19/politics/package-poison-ricin-addressed-to-trump-intercepted/index.html> (дата обращения: 03.09.2022).

По сравнению с рицином, абрин реже используется как препарат для суицида. Тем не менее, случаи изготовления и применения абрина как яда в литературе встречаются, а технология получения неочищенного препарата практически не отличается от таковой для рицина. Так же, как и семена касторовых бобов, семена абруса относительно доступны и применяются в восточных странах с декоративными целями (изготовление четок), а также в качестве компонента смесей для ароматического курения.

В 2015 г. был зафиксирован случай отравления бобами абруса у мальчика в возрасте 18 мес. Первоначально ребенок попал в больницу с симптомами интоксикации, рвотой и поносом. При сборе анамнеза от родителей удалось выяснить, что в кале ребенка (при смене подгузника) обнаруживались разноцветные семена, которые впоследствии были идентифицированы как семена *A. precatorius*. Помимо симптоматики гастроэнтерита, у ребенка был отмечен синдром цитолиза (щелочная фосфатаза 3600 ЕД/л). Вероятно, вследствие функциональной незрелости ферментных систем желудочно-кишечного тракта, ферментация оболочки семян абруса была неполной, поэтому количество активного токсина было минимальным. Благодаря этому, а также своевременной детоксикационной и патогенетической терапии, ребенок был выписан с полным выздоровлением [24].

В 2017 г. острая интоксикация абрином была зафиксирована у 16-летней девочки, которая преднамеренно проглотила 10 измельченных бобов *A. precatorius* (порядка 5 г по весу). Через 2 ч после приема у девочки были отмечены симптомы гастроэнтерита (боль в эпигастрии, понос) с признаками желудочно-кишечного кровотечения (стул черного цвета). В дальнейшем развилась полиорганная недостаточность, которая потребовала проведения детоксикационных мероприятий на аппарате «искусственная печень» и гемодиализа. На фоне проводимой патогенетической терапии (коррекция водно-электролитного баланса, гепатопротекторная терапия, коррекция гемостаза и др.) в течение трех месяцев состояние пациентки нормализовалось, и она была выписана с выздоровлением [25]. По сравнению со случаем, описанным М. Alhamdani с соавт. [24], более выраженные поражения были обусловлены тем, что в организм девочки бобы поступили в предварительно измельченном виде, что облегчило экстракцию абрина (соляной кислотой желудочного сока) в полости желудочно-кишечного тракта.

Известны также и другие случаи применения абрина. Так, в 2008 г. подросток после



Рисунок 4 – Рабочее место с семенами абруса и принадлежностями для изготовления экстракта, приводится по G.R. Rinner с соавт. [28]

ссоры с отцом принял около 15 измельченных бобов абруса. В отличие от описанных выше случаев, клиническая картина была нехарактерной для абриновой интоксикации, и выражалась преимущественно в нейродегенеративных процессах (демиелинизирующий энцефалит) [26].

Благодаря своевременной терапии глюкокортикостероидами, процесс удалось купировать. Еще один случай интоксикации абрином с клиникой нейродегенеративного процесса с неблагоприятным исходом был описан в 2020 г. V.Z. Horowitz с соавт. [27]. Мужчина в возрасте 20 лет приобрел в интернете 1000 бобов абруса, раздавил их и проглотил с целью самоубийства. В течение последующих 24 ч у него, помимо геморрагических явлений и гастроэнтерита, развились галлюцинации, хорея и тонико-клонические судороги. Через пять суток после приема бобов пациент погиб.

В 2020 г. в журнале *Clinical Toxicology* был достаточно подробно описан случай применения абрина, закончившийся смертельно [28]. Мужчина в возрасте 30 лет поступил в госпиталь через 17,5 ч после того, как произвел самому себе подкожную инъекцию экстракта из семян абруса (было использовано 150 семян). Этиология отравления была подтверждена на основании анамнеза, а также исследования биологических жидкостей пациента (моча) методом хромато-масс-спектрометрии в нескольких независимых исследовательских лабораториях, в том числе CDC (Центр по контролю за заболеваемостью США). В доме пациента было обнаружено рабочее место изготовления препарата (рисунок 4) [28].

Проводимые детоксикационные мероприятия не дали эффекта. У пациента развились нарушения ритма (наджелудочковая тахи-



Рисунок 5 – Внешний вид тест-систем BioThreat Alert®. А – иммунохроматографические элементы набора; Б – устройство для считывания результатов «TX Flex»

кардия) и полиорганная недостаточность. На четвертый день госпитализации у пациента наблюдалась гипотензия, неконтролируемая вазопрессорными препаратами и глюкокортикоидами. Альтернативные процессы в миокарде привели к появлению в крови большого количества тропонина, угнетение миелоидного ростка привело к тромбоцитопении, что в сочетании с коагулопатией было расценено крайне неблагоприятно в прогностическом отношении. Через 84 ч после инъекции абрина у пациента наступила смерть.

В настоящее время на странице CDC, посвященной абрину, указано, что до сих пор он не использовался в качестве отравляющего вещества ни в каких войнах и террористических актах¹⁴. Тем не менее, такая опасность реально существует, поскольку на «черном рынке» имелись предложения продажи очищенного абрина, количества которого хватит для убийства взрослого человека средней массы. Описан случай торговли абрином на «черном рынке»¹⁵, когда ФБР арестовало продавца – подростка в возрасте 19 лет. Он не только произвел запрашиваемое количество яда, но и смог замаскировать флаконы с абрином в восковых свечах.

Подходы к выявлению рицина и абрина. Для того, чтобы противостоять угрозе, ее необходимо «знать в лицо». Применительно к проблеме биотерроризма – это наличие комплекса средств выявления агентов биотерроризма, диагностики вызываемых ими заболеваний/поражений, а также системы здравоохранения, подготовленной к выявлению и ликвидации вспышек инфекционных заболеваний с ати-

пичными эпидемиологическими особенностями [29].

Несомненно, что современные средства выявления патогенных биологических агентов в целом (и агентов биотерроризма в частности) базируются на мультидисциплинарном подходе и охватывают широкий спектр направлений от аналитической химии до генетической инженерии. Применительно к рицину и абрину наиболее распространенными являются следующие подходы:

- выявление токсинов иммунохимическими методами (ИФА, ИХА и др.);
- выявление примесных алкалоидов в препаратах токсинов методами хромато-масс-спектрометрии;
- выявление примесных нуклеиновых кислот в препаратах токсинов.

В отличие от других токсинов, механизм развития интоксикации рицином и абрином не обладает ткане- и органоспецифичностью, поэтому биопроба с использованием лабораторных животных для выявления рицина и абрина не обладает такой информативностью, как, например, для ботулинического токсина. Попытки подобрать чувствительную культуру эукариотических клеток показали, что к абрину чувствительны различные типы клеток, такие как A549 (в большей степени), COLO 205, HEK 293, HeLa, Hep G2, Jurkat и SH-SY5Y, что также не позволило выбрать модельный объект, подходящий для целей выявления абрина в пробах [30]. Поэтому для прямого обнаружения рассматриваемых токсинов целесообразнее всего использовать иммунохимические тесты, ос-

¹⁴ Facts About Abrin. URL: <https://emergency.cdc.gov/agent/abrin/basics/facts.asp> (дата обращения: 03.09.2022).

¹⁵ Teen Arrested for Selling Deadly Toxin in Online Black Market Sting. URL: <https://mashable.com/archive/black-market-reloaded-toxin> (дата обращения: 03.09.2022).

Таблица 2 – Основные аналитические характеристики набора BioThreat Alert®

Заболевание/токсин	Возбудитель/продуцент	Чувствительность
Сибирская язва	<i>Bacillus anthracis</i>	10 ⁴ –10 ⁶ спор/мл
Ботулинический токсин	<i>Clostridium botulinum</i>	5–20 нг (для типа А) 25–50 нг (для типа В)
Чума	<i>Yersinia pestis</i>	10 ⁵ –10 ⁶ КОЕ/мл
Рицин	<i>Ricinus communis</i>	2–5 нг/мл
Абрин	<i>Abrus precatorius</i>	10–20 нг/мл
Оспа	<i>Variola virus</i>	4×10 ⁷ –1×10 ⁸ БОЕ/мл
Стафилококковый энтеротоксин В	<i>Staphylococcus aureus</i>	5–10 нг/мл
Туляремия	<i>Francisella tularensis</i>	3×10 ⁴ –4×10 ⁵ КОЕ/мл

нованные на использовании специфических моноклональных антител (ИФА, ИХА, микрофлюидные биочипы). В мире разработаны и приняты на вооружение армий стран НАТО иммунохроматографические тест-системы, способные обнаружить ряд патогенов, в том числе рицин и/или абрин. К основным ИХА-продуктам такого типа следует отнести: BADD™, Pro Strips, Smart™-II, IMASS™, RAID™, KDTB GOLD®, BioDetect™, RAMP®, BioThreat Alert® (рисунок 5).

В качестве примера основные аналитические характеристики набора BioThreat Alert® представлены в таблице 2.

В Российской Федерации экспресс-тест для выявления рицина разработан специалистами ФГУП «ГосНИИБП» ФМБА России и выпускается в составе мультианалитного иммунохроматографического устройства, предназначенного для детекции биопатогенов токсинной природы.

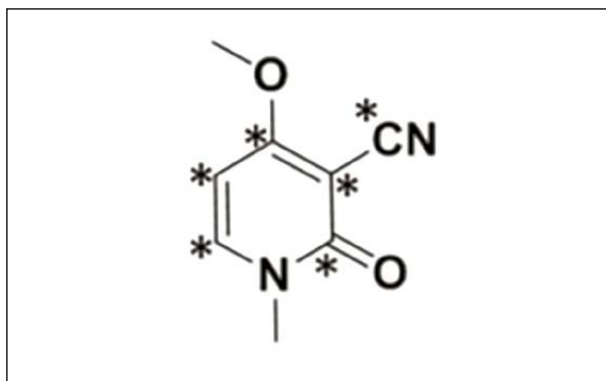
Кроме того, для выявления рицина и/или абрина за рубежом разработаны биологические иммуносенсоры, такие как RAPTOR™, BioHawk™, pBDi, CANARY, которые также стоят на вооружении силовых структур стран НАТО.

Одним из высокочувствительных методов выявления рицина и абрина является соче-

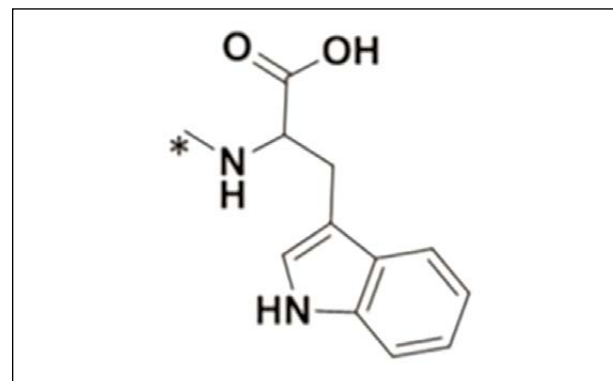
тание высокоэффективной жидкостной хроматографии и хромато-масс-спектрометрии. Оказалось, что практически во всех препаратах рицина и абрина вне зависимости от степени их очистки содержатся алкалоиды – рицинин (в англоязычной транскрипции «ricinin») и абрин (N-метилтриптофан, в англоязычной транскрипции «abrine») соответственно (рисунок 6).

Алкалоид рицинин можно использовать для индикации рицина как в объектах внешней среды, так и в биологических жидкостях пациентов с подозрением на отравление рицином. Наиболее репрезентативными субстратами для определения рицинина являются плазма крови и моча, в которых его содержание может достигать 63,7 и 1470 нг/мл соответственно. Абрин (N-метилтриптофан) как маркер наличия абрина имеет низкую диагностическую ценность при анализе проб сыворотки крови, поскольку структурно схож с триптофаном. Тем не менее, моча как субстрат для его определения вполне пригодна. Оба анализа стабильны в указанных биологических жидкостях вплоть до 30 суток, что свидетельствует о высокой ценности метода хромато-масс-спектрометрии для диагностики поражений рицином и абрином [31].

Обнаружение растительных токсинов также возможно с использованием метода



А



Б

Рисунок 6 – Химическая структура рицинина (А) и абрина (Б) [31]

ПЦР. Поскольку в большинстве случаев при индикации рицина и абрина исследователи сталкиваются с кустарными препаратами токсинов слабой степени очистки, то в их составе, как правило, содержится примесь растительной ДНК *R. communis* и *A. precatorius* соответственно. Было показано, что количество примесной ДНК *A. precatorius*, имеющейся в составе препаратов абрина, вполне достаточно для исследования методом ПЦР при использовании стандартных подходов к выделению и очистке из состава пробы [32].

Лечение отравлений рицином и абрином. Специфическая профилактика. Лечение абриновой и рициновой интоксикации в настоящее время преимущественно патогенетическое и проводится в соответствии с представлениями о механизме поражения данными токсинами и развившимися синдромами: купирование острой почечной недостаточности, острой печеночной недостаточности, детоксикационная терапия, коррекция гемостаза, коррекция нарушений ритма и проводимости, некрэктомия (при подкожном и внутривенном введении) [20–28].

Однако в последнее время в открытой периодической печати появляются результаты научных исследований по специфической профилактике и терапии рицин/абриновой интоксикации. В качестве примера можно привести результаты исследований Р. Phatak с соавт., согласно которым в качестве антидота отравлений рицином и абрином можно использовать ряд низкомолекулярных соединений, которые показали свою эффективность в отношении экстренной профилактики интоксикации рибосом-инактивирующими белками – шига-токсинами. В исследовании *in vitro* и *in vivo* авторами было изучено 35 перспективных соединений. Из них одно – E-N-(2-acetyl-phenyl)-3-phenyl-acrylamide показало наибольшую эффективность и обеспечило наибольшую выживаемость лабораторных животных (мыши) после введения рицина и абрина. В условиях *in vitro* на модели клеток A549 (карцинома легкого человека) 50 % цитотоксические концентрации (CC₅₀) составили порядка 1 нг/мл для абрина и 10 нг/мл для рицина. После добавления в культуральную среду указанного препарата минимально переносимые клетками дозы токсинов составили порядка 500 мкМ, CC₅₀ – порядка 2500 мкМ, IC₅₀ (50 % ингибирующая концентрация) – 160,6±7,1 мкМ для абрина и 300±8,24 мкМ для рицина соответственно [33].

Полученные данные позволили перейти к исследованиям в условиях *in vivo*. При внутривенном введении мышам Balb/c (масса 22–25 г) показатель LD₅₀ для абрина составил 1 мкг/кг, для рицина – 10 мкг/кг соответственно. При пероральном введении препаратов показа-

тель LD₅₀ для абрина составил 36,7 мг/кг, для рицина – 13,4 мг/кг. На фоне введения мышам пяти полудетальных доз абрина препарат E-N-(2-acetyl-phenyl)-3-phenyl-acrylamide (20 мМ) обеспечил выживаемость 50 % животных к концу эксперимента (14 сутки наблюдения). Аналогичный показатель выживаемости животных после внутривенного введения пяти полудетальных доз рицина составил 22 %. Таким образом, авторы сделали вывод об эффективности синтезированного соединения. Вероятно, при дополнительном включении в схемы лечения рицин/абриновой интоксикации подхода, направленного на патогенетическое лечение (купирование острой почечной недостаточности, гепатопротекторная терапия и др.) показатель выживаемости животных был бы выше. Возможно, это потребует смены лабораторной модели (кролики, приматы), позволяющей приближенно к клиническим случаям своевременно оценивать и контролировать стандартные лабораторные (общий анализ крови, общий анализ мочи, коагулограмма, показатели водно-электролитного баланса, газы крови, скорость клубочковой фильтрации, печеночные пробы) и функциональные показатели (электрокардиография) состояния макроорганизма [33].

Одним из перспективных средств антитоксической терапии острых отравлений рицином и абрином является использование специфических моноклональных антител или их производных, например F_{ab}-фрагментов. Так, внутривенное введение моноклональных антител к субъединице А (PB10) и субъединице В (SylH3) рицина позволило добиться 100 % выживаемости лабораторных животных (мыши) при получении ими аэрогенно десяти полудетальных доз рицина [34]. В дальнейшем авторы исследования получили различные варианты протективных препаратов, в том числе Fab-фрагменты антител и гуманизированные антитела, перспективные для использования в антитоксической терапии рициновой интоксикации у человека.

Антитела против абрина также могут быть использованы в качестве одного из компонентов антитоксической терапии абриновой интоксикации. Так, моноклональное антитело S008, специфичное к субъединице А абрина, оказалось эффективно как в условиях *in vitro*, так и в условиях *in vivo*. Нейтрализующая активность на уровне IC₅₀ была выражена для клеток Jurcat и Vero при содержании антител S008 в культуральной жидкости 0,642 и 2,826 нг/мл соответственно. Повышение содержания антител в культуральной среде до 100 нг/мл обеспечивало полную защиту клеток линий Jurcat и Vero от токсического воздей-

ствия абрина. В условиях *in vivo* авторы использовали абрин в дозе 0,25 мг/кг, обеспечивающий гибель 100 % мышей, взятых в опыт. Введение лабораторным животным антител в дозе 50 мкг/кг обеспечило 100 % выживаемость на фоне введения абрина в дозе 0,25 мг/кг [35].

В настоящее время, помимо разработки средств постконтактной профилактики и лечения развившейся интоксикации, ведется разработка вакцин, позволяющих защитить макроорганизм от поражений растительными токсинами. Большое количество работ было посвящено исследованию тех иммуногенных эпитопов субъединиц рицина, антитела к которым обладали бы антитоксическим эффектом. На субъединице А были обнаружены шесть таких эпитопов [36], на субъединице В были найдены иммуногенные эпитопы, но только часть из них позволяли получить антитела с протективным эффектом. Так, до 2006 г. было детально описано только одно RTB-нейтрализующее антитело 75/3B12 [37]. Позднее было получено еще одно антитело 24B11, специфичное к субъединице В, обладающее антитоксическим эффектом [38]. К сожалению, анти-рициновые антитела некоторой специфичности могут оказаться не только бесполезными с точки зрения вакцинации, но и усиливать токсический эффект рицина, что впервые было показано в работах М. Colombatti с соавт. [37].

В работе J.M. O'Hara с соавт. [39] подробно обобщена проблематика иммуногенных эпитопов рицина и предложена схема нейтрализующих и ненейтрализующих эпитопов на молекуле голотоксина рицина (рисунок 7).

По перечисленным выше причинам наиболее перспективным компонентом для создания рициновой вакцины является субъединица А. В работе J.M. O'Hara с соавт. [39]

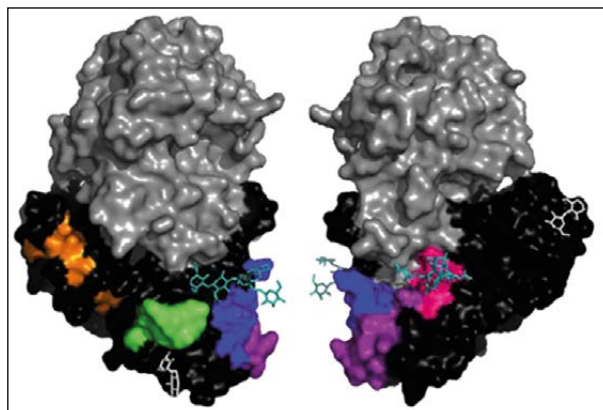


Рисунок 7 – Основные значимые иммуногенные эпитопы молекулы рицина, приводится по O'Hara J.M. с соавт. Расположение нейтрализующих и ненейтрализующих эпитопов на голотоксине рицина. Кристаллическая структура голотоксина (PDB: 2AAI) воссоздана с помощью инструмента PyMOL. Эпитопы, распознаваемые нейтраллизующими (голубого цвета) и ненейтраллизующими (оранжевого цвета) моноклональными антителами выделены на обеих субъединицах RTA и RTB. Активные сайты выделены красным цветом. Боковые цепи маннозы на цепи RTB выделены голубым цветом, остатки лактозы окрашены белым цветом [39]

отмечено, что в армии США в качестве основного компонента рициновой вакцины используется несколько укороченная субъединица А. Зарегистрированная вакцина RiVax¹⁶ от компании Soligenix, а также кандидатная вакцина RVeс также основаны на компонентах цепи А и являются субъединичными¹⁷.

Если рициновая вакцина уже зарегистрирована и коммерчески доступна, то в отношении абрина имеются данные только о кан-

¹⁶ RiVax® to Prevent Ricin Poisoning. URL: <https://www.soligenix.com/pipeline-programs/rivax-to-prevent-ricin-poisoning/> (дата обращения: 27.09.2022).

¹⁷ Тема создания антирициновых вакцин будет продолжена в 2023 г. Основные трудности при создании антирициновых вакцин, обобщены в описании к патенту ВОИС, заявленном UA Army Medical Research and Materiel Command (03/072018, опублик. 04.09.2003): остаточная ферментативная активность субъединицы А, проявляющая себя токсическим воздействием на печень и селезенку вакцинируемого; без использования технологий рекомбинантной ДНК сложно отделить друг от друга субъединицы А и В, вследствие чего в препарате может присутствовать нативный рицин; существует возможность восстановления нативной структуры денатурированных субъединиц рицина после удаления денатурирующего агента; возможны побочные эффекты со стороны химических соединений, использованных для денатурации субъединиц рицина, например, формальдегида; гетерогенность партий конечного продукта из-за различного воздействия денатурирующих соединений; гетерогенность конечного продукта из-за вариаций в структуре рицина, выделенного из различных субваров касторовых бобов; гетерогенность гликозилирования субъединицы А рицина разного происхождения; быстрый клиренс субъединицы А из-за ее разрушения в печени, вследствие чего иммунная система реагирует на нее не эффективно; наличие гидрофобного домена у субъединицы А, следствием чего является ее плохая растворимость без взаимодействия с субъединицей В, и самоагрегация и преципитация из растворов при физиологических условиях;

дидатных вакцинах, при этом они могут быть основаны как на рекомбинантной субъединице А [40], так и на рекомбинантной субъединице В [41]. Ряд авторов сообщает об эквивалентной эффективности обоих подходов: на А-субъединице абрина к настоящему времени охарактеризовано пять иммунодоминантных эпитопов, антитела к которым обладают протективными свойствами, на субъединице В – шесть [42].

Выводы:

1. Риксин и абрин представляют опасность как потенциальные агенты биологического оружия и могут использоваться в актах биотеррора. Оба токсина высокотоксичны для людей. По разным данным, LD₅₀ для человека риксина составляет 3 мкг/кг – при ингаляционном и внутривенном поступлении; 22–25 мкг/кг – при энтеральном; и порядка 500 мкг/кг – при подкожном введении. Абрин обладает большей токсичностью, чем риксин, его LD₅₀ для человека колеблется от 0,1 мкг/кг до 1 мкг/кг в зависимости от пути проникновения. Сырье для их изготовления легкодоступно, технологии также

относительно просты, поэтому в мире отмечено большое количество случаев применения риксина и абрина с криминальными (покушение на убийство, самоубийство) и террористическими (рассылка писем с ядом и угрозами) целями.

2. Поскольку средства специфической терапии острых отравлений риксином и абрином (гуманизированные моноклональные антитела), а также специфической профилактики (вакцины) не внедрены в широкую клиническую практику, мировая система здравоохранения, по сути, не готова столкнуться с лечением пораженных этими токсинами. Все это обуславливает необходимость разработки диагностических тест-систем, позволяющих на ранних этапах выявлять интоксикацию растительными токсинами у пораженных и сами токсины на объектах внешней среды, а также специфических средств лечения и профилактики острых отравлений риксином и абрином.

3. Защита персонала при работе в лаборатории с обоими токсинами в настоящее время может быть достигнута только тщательным соблюдением специальной техники безопасности.

сложность подбора аминокислотных замен в молекуле субъединицы А, которые бы не приводили к нестабильности белка и его самосборке в иммунологически неактивную структуру (**Примечание редакции**).

Вклад авторов/Authors Contribution

Все авторы внесли свой вклад в концепцию рукописи, участвовали в обсуждении и написании этой рукописи, одобрили окончательную версию. Все авторы прочитали и согласились с опубликованной версией рукописи / All authors contributed to the conception of the manuscript, the discussion, and writing of this manuscript, approved the final version. All authors have read and agreed to the published version of the manuscript.

Информация о конфликте интересов

Авторы заявляют, что исследования проводились при отсутствии любых коммерческих или финансовых отношений, которые могли бы быть истолкованы как потенциальный конфликт интересов.

Сведения о рецензировании

Статья прошла открытое рецензирование двумя рецензентами, специалистами в данной области. Рецензии находятся в редакции журнала и в РИНЦе.

Финансирование. Филиал федерального государственного бюджетного учреждения «48 Центральный научно-исследовательский институт» Министерства обороны Российской Федерации», г. Киров.

Список источников/References

1. Онищенко Г.Г., Сандахчиев Л.С., Нетесов С.В., Мартынюк Р.А. Биотерроризм: национальная и глобальная угроза // Вестник Российской академии наук. 2003. Т. 73. № 3. С. 195–204.
Onishenko G.G., Sandahchiev L.S., Netesov S.V., Martiniyuk R.A. Bioterrorism: national and global threat // Journal of the Russian Academy of Science. 2003. V. 73(3). P. 195–204 (in Russian).
2. Rotz L.D., Khan A.S., Lillibridge S.R. et al. Public Health assessment of potential biological terrorism agents // Emerg. Infect. Dis. 2002. V. 8. № 2. P. 225–230.

<https://doi.org/10.3201/eid0802.010164>

3. Green M.S., Le Duc J., Cohen D., Franz D.R. Confronting the threat of bioterrorism: realities, challenges, and defensive strategies // Lancet Infect. Dis. 2019. V. 19. № 1. P. e2–e13. [https://doi.org/10.1016/S1473-3099\(18\)30298-6](https://doi.org/10.1016/S1473-3099(18)30298-6)
4. Chen H.Y., Foo L.Y., Loke W.K. Abrin and ricin: understanding their toxicity, diagnosis, and treatment / Eds. Gopalakrishnakone P., Balali-Mood M., Llewellyn L., Singh B.R. Biological Toxins and Bioterrorism // Toxinology. 2015. P. 79–102. <https://doi.org/10.3201/eid0802.010164>

doi.org/10.1007/978-94-007-5869-8_1

5. Janik E., Ceremuga M., Saluk-Bijak J., Bijak M. Biological toxins as the potential tools for bioterrorism // *Intern. J. Mol. Sci.* 2019. V. 20. P. 1181. <https://doi.org/10.3390/ijms20051181>

6. Olsnes S., Refsnes K., Christensen T.B., Pihl A. Studies on the structure and properties of the lectins from *Abrus precatorius* and *Ricinus communis* // *Biochim. Biophys. Acta.* 1975. V. 405. № 1. P. 1–10. [https://doi.org/10.1016/0005-2795\(75\)90308-6](https://doi.org/10.1016/0005-2795(75)90308-6)

7. Tam C.C., Henderson T.D., Stanker L.H. et al. Abrin toxicity and bioavailability after temperature and pH treatment // *Toxins.* 2017. V. 9. P. 320. <https://doi.org/10.3390/toxins9100320>

8. Bigalke H., Ruinmel A. Medical aspects of toxin weapons // *Toxicology.* 2005. V. 214. P. 210–220.

9. Maman M., Yehezkelii Y. Ricin: A Possible noninfectious biological weapon. in bioterrorism and infectious agents: a new dilemma for the 21st Century. Boston: Springer, 2005. P. 205–216.

10. Patel V.R., Dumancas G.G., Kasi Viswanath L.C. et al. Castor oil: properties, uses, and optimization of processing parameters in commercial production // *Lipid Insights.* 2016. V. 9. P. 1–12. <https://doi.org/10.4137/LPI.S40233>

11. Griffiths G.D. Understanding ricin from a defensive view point // *Toxins.* 2011. V. 3. P. 1373–1392. <https://doi.org/10.3390/toxins3111373>

12. Zheng J., Zhao C., Tian G., He L. Rapid screening for ricin toxin of letter papers using surface enhanced Raman spectroscopy // *Talanta.* 2017. V. 162. P. 552–557. <https://doi.org/10.1016/j.talanta.2016.10.052>

13. Zhou Y., Tian X.L., Li Y.S. et al. Development of a monoclonal antibody-based sandwich-type enzyme-linked immunosorbent assay (ELISA) for detection of abrin in food samples // *Food Chem.* 2012. V. 135. P. 2661–2665. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2012.07.047>

14. Gill D.M. Bacterial toxins: a table of lethal amounts // *Microbiol. Rev.* 1982. V. 46. № 1. P. 86–94. <https://doi.org/10.1128/mr.46.1.86-94.1982>

15. Franz D., Jaax N. Ricin toxin // *Medical aspects of chemical and biological warfare. Textbook of military medicine / Specialty eds. Sidell F.R., Takafuji E.T., Franz D.R.* Washington. 1997. P. 631–642.

16. *Medical aspects of chemical and biological warfare. Textbook of military medicine / Specialty eds. Sidell F.R., Takafuji E.T., Franz D.R.* Washington. 1997. 721 p.

17. Супотницкий М.В. Биологическая война. Введение в эпидемиологию искусственных эпидемических процессов и биологических поражений: монография / М.: «Кафедра», «Русская панорама». 2013. 1136 с.

Sopotnitskiy M.V. Biological war. Introduction in epidemiology of artificial processes and biological damages: monography. Moscow: «Kafedra», «Russian panorama». 2013. 1136 p. (in Russian).

18. Садов А.А., Потетня К.М. Получение и применение касторового (рицинового) масла в странах

БРИКС // *Молодежь и наука.* 2018. № 3. С. 89.

Sadov A.A., Potetnya K.M. Obtaining and using of castor (ricin's) oil in BRICKS countries // *Youth and Science.* 2018. № 3. P. 89 (in Russian).

19. Lin J.-Y., Liu S.-Y. Studies on the antitumor lectins isolated from the seeds of *Ricinus communis* (castor bean) // *Toxicon.* 1986. V. 24. № 8. P. 757–765. [https://doi.org/10.1016/0041-0101\(86\)90100-5](https://doi.org/10.1016/0041-0101(86)90100-5)

20. Bucarechi F., Borrasca-Fernandes C.F., Prado C.C. et al. Near-fatal poisoning after ricin injection // *Clin. Toxicol. (Phila).* 2021. V. 59. № 2. P. 158–168. <https://doi.org/10.1080/15563650.2020.1771358>

21. Abbes M., Montana M., Curti C., Vanelle P. Ricin poisoning: a review on contamination source, diagnosis, treatment, prevention and reporting of ricin poisoning // *Toxicon.* 2021. V. 195. P. 86–92. <https://doi.org/10.1016/j.toxicon.2021.03.004>

22. Bozza W.P., Tolleson W.H., Rivera Rosado L.A., Zhang B. Ricin detection: tracking active toxin // *Biotechnol. Advances.* 2015. V. 33. P. 117–123. <https://doi.org/10.1016/j.biotechadv.2014.11.012>

23. Smart J.K. History of chemical and biological warfare: an american perspective. *Medical aspects of chemical and biological warfare. Part I: warfare, weaponry and the casualty.* Washington. 1997. P. 9–86.

24. Alhamdani M., Brown B., Narula P. Abrin poisoning in an 18-month-old child // *Am. J. Case Rep.* 2015. V. 16. P. 146–148. <https://doi.org/10.12659/AJCR.892917>

25. Huang J., Zhang W., Li X. et al. Acute abrin poisoning treated with continuous renal replacement therapy and hemoperfusion successfully: a case report // *Medicine (Baltimore).* 2017. V. 96. № 27. P. e7423. <https://doi.org/10.1097/MD.00000000000007423>

26. Sahoo R., Hamide A., Amalnath S.D., Narayana B.S. Acute demyelinating encephalitis due to *Abrus precatorius* poisoning-complete recovery after steroid therapy // *Clin. Toxicol. (Phila).* 2008. V. 46. № 10. P. 1071–1073. <https://doi.org/10.1080/15563650802334671>

27. Horowitz B.Z., Castelli R., Hughes A. et al. Massive fatal overdose of abrin with progressive encephalopathy // *Clin. Toxicol. (Phila).* 2020. V. 58. № 5. P. 417–420. <https://doi.org/10.1080/15563650.2019.1655150>

28. Rinner G.R., Watkins S.A., Shirazi F.M. et al. Fatal abrin poisoning by injection // *Clin. Toxicol. (Phila).* 2021. V. 59. № 2. P. 169–171. <https://doi.org/10.1080/15563650.2020.1771360>

29. Онищенко Г.Г., Смоленский В.Ю., Ежлова Е.Б., Демина Ю.В., Топорков В.П., Топорков А.В., Ляпин М.Н., Кутырев В.В. Концептуальные основы биологической безопасности. Часть I // *Вестник РАМН.* 2013. Т. 10. С. 4–13.

Onishenko G.G., Smolenskiy V.J., Ejlova E.B. et al. Conceptual basis of biological safety. Part I. // *Journal of the Russian Academy of Medical Science.* 2013. V. 10. P. 4–13 (in Russian).

30. Saxena N., Phatak P., Chauhan V. Differential toxicity of abrin in human cell lines of different organ

origin // *Toxicol. In Vitro*. 2022. V. 78. P. 105250. <https://doi.org/10.1016/j.tiv.2021.105250>

31. Isenberg S.L., Carter M.D., Miller M.A. et al. Quantification of ricinine and abrine in human plasma by HPLC-MS/MS: biomarkers of exposure to ricin and abrin // *J. Anal. Toxicol.* 2018. V. 42. № 9. P. 630–636. <https://doi.org/10.1093/jat/bky040>

32. Behnaq M.H., Karami A., Choopani A. Development of PCR-based method for rapid detection of abrin gene // *J. Appl. Biotechnol. Rep.* 2016. V. 3. № 3. P. 473–476.

33. Phatak P., Chauhan V., Dhaked R.K. et al. E-N-(2-acetyl-phenyl)-3-phenyl-acrylamide targets abrin and ricin toxicity: hitting two toxins with one stone // *Biomed Pharmacother.* 2021. V. 143. P. 112134. <https://doi.org/10.1016/j.biopha.2021.112134>

34. Rong Y., Pauly M., Guthals A. et al. A humanized monoclonal antibody cocktail to prevent pulmonary ricin intoxication // *Toxins (Basel)*. 2020. V. 12. № 4. P. 215. <https://doi.org/10.3390/toxins12040215>

35. Peng J., Wu J., Shi N., et al. A novel humanized anti-abrin a chain antibody inhibits abrin toxicity in vitro and in vivo // *Front. Immunol.* 2022. V. 13. P. 831536. <https://doi.org/10.3389/fimmu.2022.831536>

36. Castelletti D., Fracasso G., Righetti S. et al. A dominant linear B-cell epitope of ricin A-chain is the target of a neutralizing antibody response in Hodgkin's lymphoma patients treated with an anti-CD25 immunotoxin // *Clin. Exp. Immunol.* 2004.

V. 136. P. 365–372. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2249.2004.02442.x>

37. Colombatti M., Johnson V.G., Skopicki H.A., et al. Identification and characterization of a monoclonal antibody recognizing a galactose-binding domain of the toxin ricin // *J. Immunol.* 1987. V. 138. P. 3339–3344.

38. McGuinness C.R., Mantis N.J. Characterization of a novel high-affinity monoclonal immunoglobulin G antibody against the ricin B subunit // *Infect. Immun.* 2006. V. 74. P. 3463–3470. <https://doi.org/10.1128/IAI.00324-06>

39. O'Hara J.M., Yermakova A., Mantis N.J. Immunity to ricin: fundamental insights into toxin-antibody interactions // *Curr. Top. Microbiol. Immunol.* 2012. V. 357. P. 209–241. <https://doi.org/10.1007/822011193>

40. Zhang T., Kang L., Gao S. et al. Truncated abrin A chain expressed in *Escherichia coli*: a promising vaccine candidate // *Hum. Vaccin. Immunother.* 2014. V. 10. № 9. P. 2648–2655. <https://doi.org/10.4161/hv.29645>

41. Wang J., Gao S., Xin W. et al. A novel recombinant vaccine protecting mice against abrin intoxication // *Hum. Vaccin. Immunother.* 2015. V. 11. № 6. P. 1361–1367. <https://doi.org/10.1080/21645515.2015.1008879>

42. Gal Y., Sapoznikov A., Falach R. et al. Equal neutralization potency of antibodies raised against abrin subunits // *Antibodies (Basel)*. 2020. V. 9. № 1. P. 4. <https://doi.org/10.3390/antib9010004>

Об авторах

Филиал федерального государственного бюджетного учреждения «48 Центральный научно-исследовательский институт» Министерства обороны Российской Федерации, 610000, Российская Федерация, г. Киров, Октябрьский проспект, д. 119.

Печенкин Денис Валериевич. Начальник научно-исследовательского отдела, канд. мед. наук.

Горшков Антон Сергеевич. Научный сотрудник научно-исследовательского отдела, канд. мед. наук.

Саблина Марина Александровна. Младший научный сотрудник научно-исследовательского отдела.

Еремкин Андрей Валентинович. Заместитель начальника научно-исследовательского отдела, канд. биол. наук.

Ипатов Сергей Сергеевич. Младший научный сотрудник научно-исследовательского отдела.

Куклина Галина Викторовна. Младший научный сотрудник научно-исследовательского отдела, канд. биол. наук.

Контактная информация для всех авторов: 23527@mil.ru

Контактное лицо: Печенкин Денис Валериевич; 23527@mil.ru

Ricin and Abrin as Possible Agents of Bioterror

D.V. Pechenkin, A.S. Gorshkov, M.A. Sablina, A.V. Eremkin, S.S. Ipatov, G.V. Kuklina

Branch Office of the Federal State Budgetary Establishment «48 Central Scientific Research Institute» of the Ministry of Defence of the Russian Federation, Oktyabrsky Avenue 119, Kirov 610000, Russian Federation

Received 15 September 2022. Accepted 27 September 2022.

Plant toxins – ricin and abrin, obtained in a purified form from the beans of the castor bean and *Abrus precatorius* respectively, are considered by Western experts as potential damaging agents of

a biological nature. *The purpose of this work* is to consider the danger of using ricin and abrin as agents of biological terrorism, as well as to assess the existing approaches and means for identifying these toxins, treating the intoxication caused by them, as well as the level of development of vaccine preparations. Both toxins have a similar molecular structure and mechanism of action. They consist of two subunits – A and B, resistant to high temperatures and extreme pH values. The mechanism of their damaging action is based on irreversible inhibition of the process of protein synthesis. The LD₅₀ of ricin for humans, according to various sources, is 3 µg/kg for inhalation and intravenous intake, 22–25 µg/kg for enteral intake, and about 500 µg/kg for subcutaneous intake. Abrin is more toxic than ricin, with an LD₅₀ for humans ranging from 0.1 µg/kg to 1 µg/kg depending on the route of entry. In case of enteral poisoning with ricin and abrin, the victims develop symptoms of gastroenteritis within a few hours: nausea, vomiting and pain in the abdominal cavity and chest, diarrhea. Bleeding from various parts of the gastrointestinal tract may be present. In future, general intoxication symptoms (headache, weakness, fever) and symptoms of multiple organ damage (acute renal failure and acute liver failure) develop. In the terminal stage, symptoms of vascular shock and vascular collapse are expressed. Death usually occurs on the third day or later. Cases of the use of ricin and abrin for criminal and terrorist purposes are described in the article. The main approaches and modern means of indication, means of treating ricin and abrine intoxication, as well as the state of development of vaccine preparations are shown. The given data show that the danger of these toxins as damaging agents is underestimated in Russia. It is necessary to develop diagnostic test systems that allow early detection of intoxication with plant toxins in the affected and the toxins themselves on environmental objects, as well as specific means for the treatment and prevention of acute poisoning with ricin and abrin.

Keywords: *abrin; bioterrorism; identifying; indication; plant toxins; ricin; toxicity.*

For citation: *Pechenkin D.V., Gorshkov A.S., Sablina M.A., Eremkin A.V., Ipatov S.S., Kuklina G.V. Ricin and Abrin as Possible Agents of Bioterror // Journal of NBC Protection Corps. 2022. V. 6. № 3. P. 243–257. <https://doi.org/10.35825/2587-5728-2022-6-3-243-257>*

Conflict of interest statement

The authors declare that the research was conducted in the absence of any commercial or financial relationship that could be construed as a potential conflict of interest.

Peer review information

The article has been peer reviewed by two experts in the respective field. Peer reviews are available from the Editorial Board and from Russian Science Citation Index database.

Funding. Branch Office of the Federal State Budgetary Establishment «48 Central Scientific Research Institute» of the Ministry of Defence of the Russian Federation, Kirov.

References

See P. 254–256.

Authors

Branch Office of the Federal State Budgetary Establishment «48 Central Scientific Research Institute» of the Ministry of Defence of the Russian Federation, Oktyabrsky Avenue 119, Kirov 610000, Russian Federation.

Denis Valerievich Pechenkin. Chief of the Scientific and Researcher Department. Candidate of Medical Science.

Anton Sergeevich Gorshkov. Researcher of the Scientific and Researcher Department. Candidate of Medical Science.

Marina Alexandrovna Sablina. Junior Researcher of the Scientific and Researcher Department.

Andrey Valentinovich Eremkin. Deputy Chief of the Scientific and Researcher Department. Candidate of Biological Science.

Sergey Sergeevich Ipatov. Junior Researcher of the Scientific and Researcher Department.

Galina Victorovna Kuklina. Junior Researcher of the Scientific and Researcher Department. Candidate of Biological Science.

Contact information for all authors: 23527@mil.ru

Contact person: Denis Valerievich Pechenkin; 23527@mil.ru

Биологические лаборатории в Кавказском регионе как источники угроз национальной безопасности России

© АВТОРЫ, 2022
УДК 574.9: 614.8
<https://doi.org/10.35825/2587-5728-2022-6-3-258-270>

В.В. Филонов, В.В. Щеренко, Ю.Е. Попов, В.Э. Терещатов

Филиал федерального государственного бюджетного учреждения «48 Центральный научно-исследовательский институт» Министерства обороны Российской Федерации 620085, Российская Федерация, г. Екатеринбург, улица Звездная, д. 1

Поступила 12.07.2022 г. Принята к публикации 27.09.2022 г.

В настоящее время по периметру Российской Федерации развернуты десятки биологических лабораторий (БЛ), контролируемых МО США, работающие в закрытом режиме и полностью исключенные из юрисдикции государств, на территории которых располагаются. *Цель работы* – обобщение доступной информации о деятельности закрытых БЛ, контролируемых МО США в Кавказском регионе. Размещение БЛ МО США в Кавказском регионе вызвано его выгодным географическим расположением – на севере он граничит с Российской Федерацией, а на юге с Ираном. Кроме того, в Кавказском регионе компактно проживают в различных климатических условиях и на разнообразной местности люди различных этнических групп (их около 50), что позволяет разрабатывать биоагенты различной этнической направленности. Все БЛ – это объекты «двойного назначения», входящие в подконтрольную США систему биобезопасности. Они позволяют МО США решать следующие задачи: создавать и испытывать биологическое оружие (БО) нового поколения; собирать информацию об эндемичных биопатогенах, путях распространения и средствах борьбы с ними в Российской Федерации; контролировать биологическую обстановку на территории Российской Федерации; выполнять биологические исследования военной направленности, не опасаясь протестов американской общественности; создавать опасные патогены, направленные на поражение конкретного гено типа людей; проводить испытания биологических поражающих агентов на людях, отслеживая их вирулентность, пути доставки, вероятную смертность населения и поголовья домашних животных; обходить международные соглашения и конвенции по контролю над БО, к которым присоединились США; проводить биодиверсии, направленные на уничтожение личного состава Вооруженных Сил и населения России, нанесение ущерба экономике нашей страны путем уничтожения поголовья скота, заражения зерновых культур и дискредитации российской сельскохозяйственной продукции на мировых рынках. Развернутые по периметру Российской Федерации БЛ МО США угрожают национальной безопасности России и странам, в которых они расположены. Необходимы серьезные дипломатические усилия для свертывания их деятельности в Кавказском регионе.

Ключевые слова: биологическая безопасность; биологическая диверсия; биологический поражающий агент; биологическая лаборатория; биологическое оружие; биологические угрозы.

Библиографическое описание: Филонов В.В., Щеренко В.В., Попов Ю.Е., Терещатов В.Э. Биологические лаборатории в Кавказском регионе как источники угроз национальной безопасности России // Вестник войск РХБ защиты. 2022. Т. 6. № 3. С. 258–270. <https://doi.org/10.35825/2587-5728-2022-6-3-258-270>

В октябре 2018 г. начальник войск радиационной, химической и биологической защиты Вооруженных Сил России генерал-лейтенант

И.А. Кириллов на брифинге в Москве привел факты¹, позволяющие утверждать, что США в обход международных договоров, прикрываясь

¹ В Минобороны России прошел брифинг, посвященный анализу военно-биологической деятельности США на территории Грузии // Департамент информации и массовых коммуникаций Министерства обо-

якобы мирными научными задачами, наращивают свои возможности в области биологического оружия, разрабатывая его в закрытых биологических лабораториях (БЛ), размещенных на территории постсоветских республик – в Азербайджане, Армении, Грузии, Казахстане, Узбекистане, Украине и Молдавии [1].

Цель работы – обобщение доступных фактов о деятельности закрытых биологических лабораторий американского военного ведомства в Кавказском регионе.

Анализировались открытые публикации отечественных и зарубежных авторов, справочные и информационно-аналитические данные. Исследования базировались на применении системного подхода в области безопасности Российской Федерации и картографического метода в эпидемиологии.

По инициативе американского сенатора Ричарда Лугара (англ. Richard Lugar; 1932–2019) с 12 декабря 1991 г. на территории бывшего СССР заработала программа «Совместное уменьшение угрозы» (англ. Cooperative Threat Reduction, CTR)² [2, 3]. Основными партнерами США в данной программе на постсоветском пространстве в настоящее время являются: Азербайджан, Армения, Грузия, Казахстан, Узбекистан, Молдавия и Украина³.

Для каждой страны-участника CTR составлялись индивидуальная программа и планы работы, разграничивалась ответственность за обеспечение ее выполнения, навязывались проекты с завуалированными целями. При этом конечным получателем всех научных результатов, материалов, разработок и данных санитарно-эпидемиологического контроля является Пентагон⁴.

Руководство программами правительством США было возложено на подразделение МО США – Агентство по сокращению военной угрозы (англ. Defense Threat Reduction Agency, DTRA). Активное участие в американских военных проектах принимают: Научно-исследо-

вательский институт сухопутных войск им. Уолтера Рида (англ. Walter Reed Army Institute of Research, WRAIR), Военно-морской исследовательский центр США (англ. The United States Naval Research Laboratory, NRL), Медицинский научно-исследовательский институт инфекционных заболеваний сухопутных войск (англ. United States Army Medical Research Institute of Infectious Diseases, USAMRIID; Форт-Детрик, штат Мэриленд), Институт Луисвилля (англ. Louisville Institute) и др. [1].

Создание сети БЛ на территориях Грузии, Азербайджане и Армении, контролируемых МО США, происходило по одному «договорному шаблону»: строительство (или модернизация) объектов во всех случаях предусматривало передачу американской стороне всех штаммов патогенов, находящихся в коллекциях бывших советских республик; работа всех БЛ подконтрольна только военному ведомству США и отсутствует контроль со стороны государств, на территории которых расположены лаборатории; размещение объектов позволяет осуществлять контроль биологической обстановки как на их территориях, так и их трансграничных соседей [1, 3, 4].

Грузия. В 2002 г. эта страна подписала с МО США типовое соглашение «О сотрудничестве в сфере технологий и патогенов, связанных с развитием биологического оружия и нераспространения информации в этой сфере», которое в 2003 г. ратифицировал грузинский парламент [4, 5].

В сентябре 2004 г. Тбилиси посетил американский сенатор Ричард Лугар, итогом визита которого стала договоренность о создании Центра исследования общественного здоровья⁵ (Центральной референс-лаборатории – ЦРЛ) в п. Алексеевка, неподалеку от международного грузинского аэропорта «Тбилиси». Строительство Центра было закончено в марте 2011 г., он получила имя автора проекта – Центр исследования общественного здо-

роны Российской Федерации. 04.10.2018. URL: https://function.mil.ru/news_page/country/more.htm?id=12198232@egNews (дата обращения: 30.03.2022).

² Козичев Е. Как работала программа Нанна-Лугара. История вопроса // Коммерсант. 2012. № 190. С. 7.

³ Прохватулов В. Об американских фабриках смерти // Электронное издание «Фонд стратегической культуры». 06.06.2021. URL: <https://www.fondsk.ru/news/2021/06/06/ob-amerikanskih-fabrikah-smerti-53725.html> (дата обращения: 10.04.2022).

⁴ Попов Д. Военно-биологическая деятельность США на постсоветском пространстве: угрозы для стран ОДКБ и возможные контрмеры // Интернет-журнал «Военно-политическая аналитика». 2016. URL: <https://vpoanalytics.com/2016/11/29/voenno-biologicheskaya-deyatelnost-ssha-na-postsovetskom-prostranstve-ugrozy-dlya-stran-odkb-i-vozmozhnye-kontrmery/> (дата обращения: 10.04.2022).

⁵ Тайный объект армии США. Оружие геноцида: тайный объект армии США в поселке Алексеевка // Межрегиональный общественный фонд содействия стратегической безопасности. 21.08.2019. URL: <http://www.fssb.su/block-strategicheskoy-bezopasnosti/yadernye-himicheskie-biologicheskie-ugrozy/4714-taynyy-obekt-armii-ssha.html> (дата обращения: 29.04.2022).

ровья имени Ричарда Лугара⁶ (далее – Центр Лугара). На должность руководителя биологической лаборатории была назначена социолог и политик, с 2006 г. по 2008 г. занимавшая пост главы службы внешней разведки Грузии Анна Жвания [6, 7]. В этом же году парламент Грузии засекретил ее деятельность [8–11].

Данный биологический объект является лабораторией третьего уровня биобезопасности (BSL-3), где имеются все необходимые средства для проведения исследований в любом направлении биомедицины: вирусологии, бактериологии, энтомологии, включающие эксперименты с мелкодисперсными аэрозолями [9–11].

Кроме того, на Центр Лугара была возложена функция регионального тренинг-центра по биологической безопасности. В 2017 г. из 50 научных сотрудников лаборатории – 6 являлись американскими, а остальные 44 – грузинскими учеными⁷.

Центр Лугара был официально включен в состав Американской военной системы глобального контроля инфекционных заболеваний (англ. Global Emerging Infections Surveillance and Response System, GEIS) и является частью проекта DTRA [1, 8, 9].

Общая площадь лабораторных помещений Центра Лугара превышает 8 тыс. м², из которых около 2,5 тыс. м² занимают две лаборатории 3-го уровня биологической безопасности. На 3-ий уровень Центра Лугара имеют доступ только граждане США – военные биологи, имеющие допуск к секретной информации и обладающие дипломатическим статусом [9, 10].

В июне 2014 г. Центр Лугара был предусмотрительно был переименован в Центр по контролю заболеваний и общественного здоровья имени Л. Сакварелидзе⁸. И официально передан в управление грузинской стороне путем формального включения в состав Национального центра по контролю заболеваемости и общественного здоровья Министерства здравоохранения Грузии (англ. National Center for Disease Control and Public Health, NCDC), от имени которого стали публиковаться результаты открытых научных работ⁹.

Наряду с Центром Лугара в грузинскую систему санитарно-эпидемиологического надзора включены 11 лабораторий, входящих в структуру Министерства здравоохранения Грузии, но функционирующих в интересах МО США. Это региональные станции санитарно-эпидемиологического надзора, расположенные в городах Батуми, Гори, Гурджаани, Душети, Кобулети, Кутаиси, Марнеули, Поты, Рустави и Тбилиси, а также поселке Онария Зугдидского района [9, 11]. Сеть БЛ Грузии, контролируемая США, представлена на рисунке 1.

В соответствии с общими задачами объектов, входящих в состав системы GEIS, главными задачами комплекса биологических лабораторий МО США в Грузии являются:

- «ведение военно-биологической разведки на территории Грузии и сопредельных государств, а также мониторинг санитарно-эпидемиологической обстановки в Кавказском регионе»;

- «экспресс-диагностика возбудителей инфекционных заболеваний и реагирование на их вспышки»;

- сбор образцов высокопатогенных штаммов возбудителей инфекционных заболеваний человека, животных и растений из местных природных очагов на территории Грузии и вдоль границ с Российской Федерацией;

- «изучение особенностей протекания инфекционного процесса и механизмов формирования иммунитета» местного населения;

- «проведение испытаний инновационных лекарственных препаратов на этнически неоднородном местном населении»;

- сбор сведений об уровне развития систем биологической безопасности в России, прежде всего в Северокавказском регионе, а также в других, граничащих с Грузией, государствах, их способностях противостоять вспышкам, эпидемиям ООИ и биотеррористическим актам;

- «надежное хранение и содержание коллекций патогенных микроорганизмов» и др. [9–11].

Грузия, в соответствии с соглашением 2002 г., передала США все коллекции штаммов

⁶ Орданов Н. Лаборатории Пентагона: убить полмиллиона человек по себестоимости 29 центов за «единицу» // Сайт «Ритм Евразии». 09.02.2018. URL: <https://www.ritmeurasia.org/news-2018-02-09-laboratorii-pentagona-ubit-polmilliona-chelovek-po-sebestoimosti-29-centov-za-edinicu-34866.html> (дата обращения: 29.04.2022).

⁷ Картвели Г. Биологический «фронт» США в Грузии и Азербайджане // Интернет-журнал «Военно-политическая аналитика». 02.04.2017. URL: <https://vpoanalytics.com/2017/04/02/biolaboratornyj-frontir-ssha-v-gruzii-i-azerbajdzhane/> (дата обращения: 28.04.2022).

⁸ Большинство военных экспертов продолжают называть указанный военно-биологический объект Центром Лугара. Поэтому мы также в дальнейшем изложении, чтобы не было «путаницы», мы будем придерживаться этого же названия.

⁹ Филатов С. Биологические опыты США у границ России // Сайт журнала «Международная жизнь». 09.10.2018. URL: <https://interaffairs.ru/news/show/20717> (дата обращения: 20.04.2022).

ических мероприятий, достигают 50–70 млрд руб. в год¹¹. Следовательно, общие экономические потери от эпизоотии АЧС в России колеблются в интервале от 55 до 78 млрд руб. в год.

В контрактных обязательствах подрядчиков Центра Лугара, размещенных на сайте Федерального реестра контрактов, фигурируют программы исследований штаммов сибирской язвы, туляремии и вирусных заболеваний, включая Конго-Крымскую геморрагическую лихорадку и др., а также сбор биологических образцов для экспериментов¹².

Значительная часть проводимых в «Центре Лугара» работ передана частным компаниям, неподотчетным Конгрессу США. В Центре Лугара работают три из них – CH2M Hill, Battelle и Metabiota. Кроме Пентагона, эти компании проводят биологические исследования и для Центрального разведывательного управления (ЦРУ)¹³ США.

В 2014 г. Центр Лугара оснастили специальным оборудованием по разведению насекомых и открыли ряд проектов по сбору, изучению флеботоминных песчаных мух и тестированию уровня их инфекционности. Один из проектов назывался «Sand Fly» («Песчаная муха»), а другой – «Повышение осведомленности о баркодировании «песчаных мух» в Грузии и на Кавказе»¹⁴. Флеботоминные песчаные мухи известны тем, что переносят в своей слюне болезнетворных паразитов, которые при укусе человека попадают в его кровь и вызывают заболевание лейшманиоз. Без лечения острая форма заболеваний приводит к летальному исходу. В 2015 г. песчаные мухи появились в Тбилиси и Дагестане.

В том же 2014 г. DTRA в Центре Лугара начало проект «Вирусы и другие арбовирусы в Грузии» (вирусы, распространяемые комарами и клещами). Вскоре после этого в Грузии впервые обнаружили тропические комары видов *Aedes albopictus* и *Aedes aegypti* [18]. Оба типа комаров являются переносчиками желтой лихорадки, острой тропической лихорадки, лихорадки чикунгунья и вируса Зика. Помимо западной Грузии комары *A. albopictus*, по данным Европейского центра по контролю и профилактике заболеваний, появились в Краснодарском крае и севере Турции¹⁵.

Центр Лугара проводит эксперименты по распылению аэрозолей биоагентов с помощью принятых на вооружение МО США устройств «Micronair»¹⁶. Не исключено, что распиливающие устройства «Micronair», установленные на квадрокоптере, испытывались в Чеченской Республике весной 2017 г., когда местные жители сообщили о распылении квадрокоптером неизвестного «белого порошка» на границе с Грузией¹⁷.

Азербайджан. После распада СССР эта страна получила в наследство сеть объектов противочумной системы СССР, состоящую из 6 НИИ, 29 региональных и 53 полевых биостанций, в которых работали не только с возбудителем чумы, но и с возбудителями таких ООИ, как сибирская язва, туляремия, бруцеллез и другими патогенами¹⁸.

В 2005 г. Азербайджан подписал с МО США соглашение «О сотрудничестве в сфере технологий и патогенов, связанных с развитием биологического оружия, и нераспространения информации в этой сфере»¹⁹. Азербайджано-а-

¹¹ Новопашина Н. Россельхознадзор оценил потери от африканской чумы свиней // Сайт «РБК». 2017. URL: <https://www.rbc.ru/business/14/06/2017/59410dda7947425c7e5e5c> (дата обращения: 01.04.2022).

¹² Иванов В. Биологическое оружие на границе России // Независимое военное обозрение. 2020. № 21 (1097). С. 1, 9.

¹³ Прохвятилов В. Разработчики биологического оружия зовут на помощь насекомых // Сайт «Ритм Евразии». 26.10.2018. URL: <https://www.ritmeurasia.org/news-2018-10-26-razrabotchiki-biologicheskogo-oruzhija-zovut-naromosch-nasekomyh-39234> (дата обращения: 02.04.2022).

¹⁴ Прохвятилов В. Об американских фабриках смерти // Электронное издание «Фонд стратегической культуры». 06.06.2021. URL: <https://www.fondsk.ru/news/2021/06/06/ob-amerikanskih-fabrikah-smerti-53725.html> (дата обращения: 10.04.2022).

¹⁵ Прохвятилов В. Биофабрики смерти Пентагона // Электронное издание «Фонд стратегической культуры». 13.04.2021. URL: <https://www.fondsk.ru/news/2021/04/13/biofabriki-smerti-pentagona-53363.html> (дата обращения: 10.04.2022).

¹⁶ Мамонтов А. Документальный фильм «Штамм Андромеда» // Студия «Аркадия Мамонтова. 2022. URL: <https://www.youtube.com/watch?v=rA0JRyXN1GM> (дата обращения: 26.04.2022).

¹⁷ Прохвятилов В. Разработчики биологического оружия зовут на помощь насекомых // Сайт «Ритм Евразии». 26.10.2018. URL: <https://www.ritmeurasia.org/news-2018-10-26-razrabotchiki-biologicheskogo-oruzhija-zovut-naromosch-nasekomyh-39234> (дата обращения: 02.04.2022).

¹⁸ Цуканова А. Для чего Пентагону биологическая «петля анаконды» вокруг России // Электронное издание «Фонд стратегической культуры». 08.07.2017. URL: <https://www.fondsk.ru/news/2017/07/08/dlja-chego-pentagonu-biologicheskaja-petla-anakondy-vokrug-rossii-44283.html> (дата обращения: 25.04.2022).

¹⁹ Маринюк П. COVID-19 и масштабная сеть биологических лабораторий США // Сайт «Военно-политическое обозрение». 21.05.2020. URL: <https://www.belypo.com/112736.html/> (дата обращения: 25.04.2022).

американское сотрудничество в вышеуказанной области не принято афишировать [1].

Азербайджан предоставил США 124 уникальных штамма патогенов, из которых 62 штамма – это возбудители чумы, сибирской язвы, холеры и других опасных инфекций. Они были перевезены в Институт патологии вооруженных сил США (Вашингтон)²⁰.

В рамках сотрудничества США содействуют Азербайджану в вопросе совершенствования условий безопасности в его центральных лабораториях по болезнетворным микроорганизмам. Одновременно азербайджанские специалисты получили возможность пройти стажировку с США. В частности, проект по модернизации Республиканской противочумной станции при Министерстве здравоохранения Азербайджана в Баку включает проведение тренингов совместно со специалистами из США, а также обновление лабораторного оборудования для выявления возбудителей инфекционных болезней – чумы, холеры, птичьего гриппа и других. В работу специалистов Противочумной станции входит также исследование подозрительных писем и посылок, получаемых посольствами зарубежных стран, аккредитованных в Азербайджане. В 2012 г. в стране была открыта лаборатория Министерства обороны Азербайджана для проведения мониторинга инфекционных болезней. Строительство БЛ профинансировано США в рамках двустороннего сотрудничества по «Программе совместного биологического участия» (англ. Cooperative Biological Engagement Program, СВЕР)²¹. На ее строительство DTRA затратила более одного млн долларов [1].

В 2013 г. в столице Азербайджана была построена референс-лаборатория с уровнем биологической безопасности BSL-3, специа-

лизирующаяся на исследовании патогенных микроорганизмов в образцах человеческого и животного происхождения²². В различных регионах Азербайджана для эпидемиологического мониторинга в интересах Министерства здравоохранения и Государственной ветеринарной службы было построено (модернизировано) и оснащенных Пентагоном еще 8 БЛ²³ – в городах Барда, Гах, Гейчёл, Губа, Гянджа, Ишимли, Ленкорань и Сабирабад²⁴.

В настоящее время в Азербайджане имеется десять БЛ, функционирующих в интересах МО США (рисунок 2).

С помощью специалистов из США и при финансировании DTRA в Ленкоранском районе Азербайджана ускоренными темпами построен объект, носящий название «Научный центр по изучению инфекционных заболеваний». Основной его целью является изучение возможности изменения свойств штаммов возбудителей сибирской язвы, чумы и ящура в условиях пустынной местности. В Ленкоранском районе компактно проживают талыши – народ, принадлежащий к иранской языковой группе, политически и духовно ориентированный на свою историческую родину – Иран. В связи с чем некоторые специалисты связывают с этим фактором место выбора строительства БЛ. Не исключено, что талыши, как генетически близкий иранцам этнос, стали объектом исследования американских ученых-микробиологов как часть военно-биологической программы США²⁵.

В начале деятельность этих лабораторий сводилась к разрушению системы санитарно-эпидемиологического контроля, созданной в стране в советское время, а в дальнейшем производился сбор биоматериала населения в виде сывороток крови и прово-

²⁰ Картвели Г. Биологический «фронт» США в Грузии и Азербайджане // Интернет-журнал «Военно-политическая аналитика». 02.04.2017. URL: <https://vpoanalytics.com/2017/04/02/biolaboratornyj-frontir-ssha-v-gruzii-i-azerbajdzhanе/> (дата обращения: 28.04.2022).

²¹ Цуканова А. Зачем США превращают Украину в биологическую бомбу // Сайт «военное обозрение». 12.07.2017. – URL: <https://topwar.ru/120204-zachem-ssha-prevrashchayut-ukrainu-v-biologicheskuyu-bombu.html> (дата обращения: 20.03.2022).

²² Цуканова А. Для чего Пентагону биологическая «петля анаконды» вокруг России // Электронное издание «Фонд стратегической культуры». 08.07.2017. – URL: <https://www.fondsk.ru/news/2017/07/08/dlja-chegopentagonu-biologicheskaja-petla-anakondy-vokrug-rossii-44283.html> (дата обращения: 25.04.2022).

²³ В Азербайджане расположены восемь лабораторий финансируемых Пентагоном // Медицинский интернет портал «Bakumedinfo». 25.12.2018. – URL: http://www.bakumedinfo.com/index.php?option=com_contekt&view=article&id=18138:2018-12-25-19-39-51&catid=42:2013-11-29-19-24-31&Itemid=965 (дата обращения: 26.04.2022).

²⁴ Щербаков М. Г., Филонов В. В., Решеткин В. А. Внешние угрозы биологической безопасности Российской Федерации // Материалы Всероссийской юбилейной научно-практической конференции, посвященной 65-летию филиала федерального государственного бюджетного учреждения «48 Центральный научно-исследовательский институт» Министерства обороны Российской Федерации (г. Екатеринбург), «Актуальные проблемы биологической защиты войск и населения. Диагностика, лечение и профилактика опасных инфекционных заболеваний. Эпидемиология и эпизоотология. Микробиология. Биотехнология. Экология». Ч. I. 2014. С. 40–55.

²⁵ Там же.



Рисунок 2 – Биологические лаборатории в Азербайджане (схема авторов, составлена на основе скриншотов, находящихся в свободном доступе в сети «Интернет»)

дидлись исследования различных штаммов микроорганизмов ООИ, распространенных в Азербайджане²⁶.

В Азербайджане завершен научно-исследовательский проект Международного научно-технического центра, МНТЦ (англ. The International Science and Technology Center, ISTC)²⁷. «Экологическое и эпидемиологическое исследование распространенности вирусных и риккетсиозных патогенов среди буферных передатчиков в северном

регионе Азербайджана» (2019 г.). Проект спланирован в интересах и при финансовой поддержке Стратегического командования вооруженных сил США, DTRA и американской компании «Bechtel», специалисты которой занимались непосредственной организацией исследований.

Научными центрами Азербайджана, в рамках реализации «Программы совместного биологического взаимодействия», в интересах Стратегического командования вооруженных

²⁶ Там же.

²⁷ Международный научно-технический центр был учрежден в ноябре 1992 г. в Москве странами СНГ вместе с США, Евросоюзом и Японией якобы для профессионального переобучения научных сотрудников, работавших в оборонной промышленности бывшего Советского Союза. Его главной задачей декларировалось недопущение распространения ядерного и бактериологического (биологического) оружия. В 2005 г. президент США Барак Обама побывал на одном из объектов МНТЦ в России. МНТЦ осуществлял деятельность в одиннадцати закрытых российских городах, с предприятиями, сориентированными в основном на оборонную промышленность. Среди них даже был Федеральный ядерный центр в Сарове. В распоряжении, подписанном 11.08.2010 г. президентом Российской Федерации Д. Медведевым, сообщается о том, что по предложению правительства (возглавляемого В. Путиным) Россия выходит из учредительных документов МНТЦ, относящихся к 1992 и 1993 гг. В 2015 г. Россия вышла из состава стран-участников МНТЦ. Постепенно выходят их МНТЦ и другие страны. На начало 2022 г. сторонами в МНТЦ являются Армения, Грузия, Таджикистан, Киргизия. Штаб-квартира МНТЦ находится в г. Нур Султане (Казахстан). За период 1994–2009 гг. в программах МНТЦ участвовали около 60 тыс. российских ученых [19].

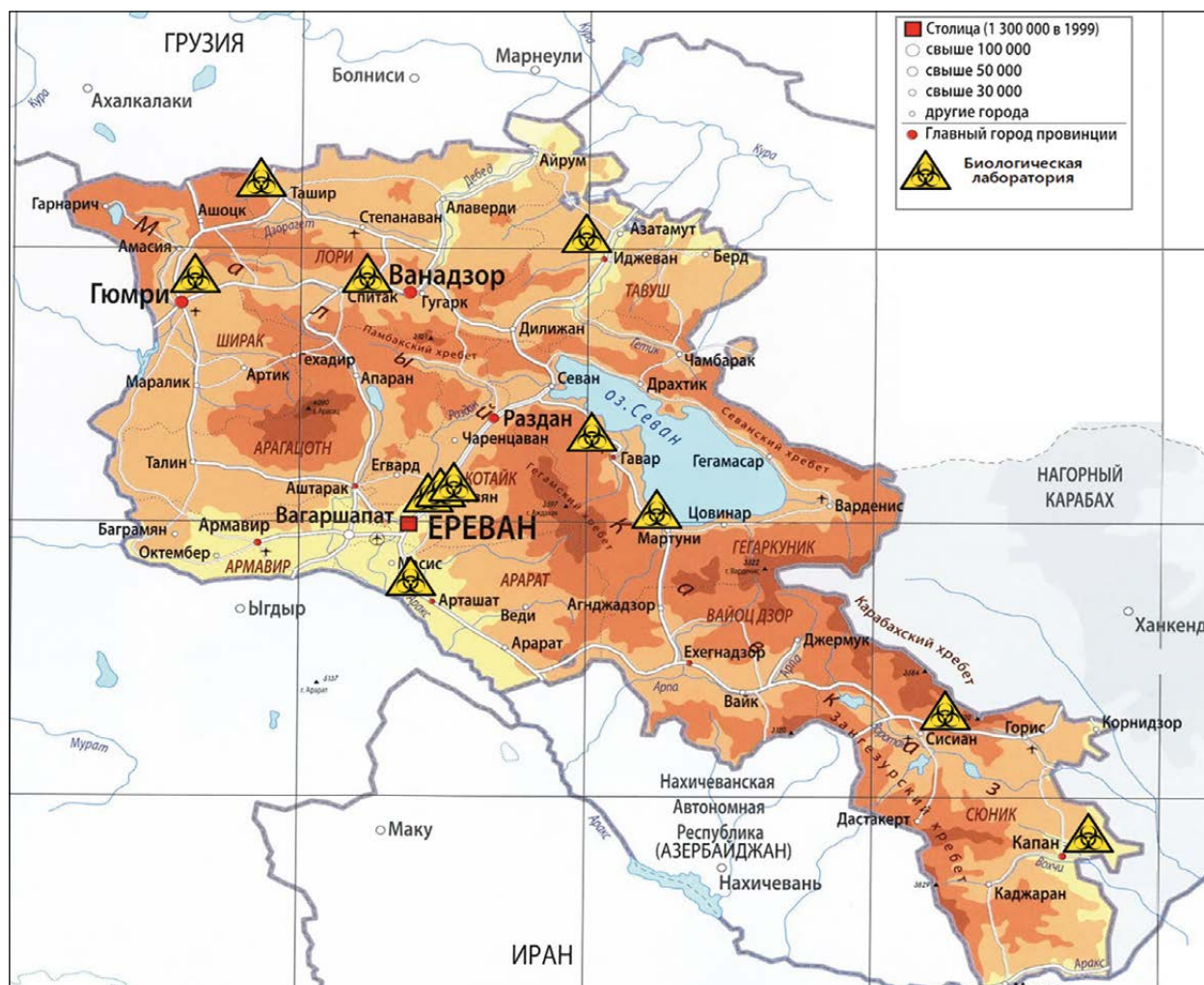


Рисунок 2 – Биологические лаборатории в Армении (схема авторов, составлена на основе скриншотов, находящихся в свободном доступе в сети «Интернет»)

сил США в настоящее время выполняется ряд научно-исследовательских проектов по изучению возбудителей особо опасных заболеваний человека и животных, их переносчиков в природных очагах, получению информации о заболеваемости на сопредельных с Россией территориях. Эти проекты направлены, в первую очередь, на сбор и дальнейшее изучение в лабораториях США новых штаммов возбудителей особо опасных заболеваний, имеющих потенциал применения в качестве БО. Азербайджанским специалистам отводится второстепенная роль, связанная с первичным выделением и идентификацией собранных образцов возбудителей ООИ.

Армения. О военно-биологических объектах США в Армении в доступных источниках сведений немного. США прилагают активные усилия для вовлечения Армении в

реализацию программы биологического сотрудничества. Решением Правительства Армении 26 августа 2010 г. было одобрено заключение соглашения между МЧС Армении и Департаментом обороны США «О сотрудничестве в сфере предотвращения распространения технологий производства, патогенов и испытания биологического оружия»²⁸. Для реализации соглашения США выделено 170 млн долларов.

Соглашение предусматривает внедрение электронных систем для наблюдения за инфекционными больными, усовершенствование диагностических лабораторий за счет новейших достижений техники. При посольстве США в Армении создан Офис по поддержке реализации «Программы по снижению биологических угроз», что доказывает серьезность отношения США к этой программе.

²⁸ Владыкин О. Армянская клетка на «Великой шахматной доске» // Независимое военное обозрение. 17.06.2016. № 22 (905). URL: http://nvo.ng.ru/concepts/2016-06-17/4_armenia.html (дата обращения: 24.04.2022).

В Армении в настоящее время сформирована и действует сеть из 12 БЛ, созданных или модернизированных на деньги американского военного ведомства в рамках ВTRP²⁹ (рисунок 3).

Три расположены в Ереване: в Центре по контролю и профилактике заболеваний; в Госслужбе безопасности пищевых продуктов; в инфекционной клинической больнице «Норк». Девять БЛ расположены в городах Арташате, Ванадзоре, Гаваре (Гекаркунинская обл.), Гюмри, Иджеване, Капане (Сюникская обл.), Ташире, Мартуне и Сисиане (Лорийской обл.) [20].

В соответствии с программой предполагается дополнительное развертывание в Таушской и Ширакской областях лабораторных комплексов для сбора сведений о возбудителях инфекционных заболеваний, их очагах и географических зонах распространения.

На территории Армении внедрена, разработанная Центром США по контролю и профилактике заболеваний (англ. Centers for Disease Control and Prevention, CDC), расположенным в Атланте, информационная система «Epi info», рекомендованная ВОЗ для сбора и обработки эпидемиологических данных во всех странах. В 2011 г. США принудили службы государственного санитарно-эпидемиологического и санитарно-ветеринарного надзора Армении внедрить «Электронную интегрированную систему отслеживания заболеваний» (англ. Electronic Integrated Disease Surveillance System, EIDSS) для раннего обнаружения вспышки заболевания и «Систему контроля доступа к патогенам» (англ. Physical Access Control System, PACS)³⁰, обеспечивающую учет биологических агентов в БЛ. Кроме того, США организуют обучение армянских эпидемиологов.

Сообщалось о программе создания в Армении с помощью США национальной инженерной лаборатории широкой специализации стоимостью более чем 6 млн долларов Меморандум о взаимопонимании, предусматривающий создание данной лаборатории, был подписан еще 4 мая 2012 г. между Министерством

образования и науки Армении, посольством США в стране и USAID. В дальнейшем планируется развернуть лаборатории, которые будут проводить исследования по более чем 30 направлениям, включая биохимию и инженерную биологию [20].

Указанные БЛ на территории Армении лишь номинально принадлежат ей, а на самом деле контролируются DTRA. Кроме БЛ с США связаны и различные государственные ведомства Армении, например, Институт молекулярной биологии (ИМБ) Национальной академии наук Республики Армения³¹.

В 2019 г. Армения и США утвердили «Концепцию операций по противодействию угрозы особо опасных патогенов в Армении до 2024 года», регулирующую взаимодействие правительственных структур и научных центров Республики Армения с DTRA при МО США. Концепция действует до 2024 г., расширяет межправительственные соглашения и укрепляет роль подконтрольных США международных организаций и БЛ в управлении биорисками и бионаблюдениями в Армении³².

В настоящее время в рамках данных соглашений в Армении реализуется совместные исследования, направленные на сбор информации о возбудителях и переносчиках особо опасных заболеваний людей и животных, эпидемиологической обстановке в Закавказском регионе, а также строится национальная система контроля за заболеваниями в республике.

С началом проведения Россией специальной военной операции на Украине и обнародованием информации о проводимых в американских БЛ на Украине экспериментов с БО, появилась информация о направлении в Армению группы западных специалистов под прикрытием для «зачистки» следов аналогичных исследований США³³.

Обобщение результатов. Размещение в Кавказском регионе биологических лабораторий, контролируемые МО США, вызвано его выгодным географическим расположением – на севере он

²⁹ Попова В. Американские биологические лаборатории в Армении: чудеса многовекторности // Сайт «Ритм Евразии» 23.04.2020. URL: <https://www.ritmeurasia.org/news--2020-04-23--amerikanskie-biolaboratorii-v-armenii-chudesamnogovektornosti-48629> (дата обращения: 24.04.2022).

³⁰ Попова В. Американские биологические лаборатории в Армении: чудеса многовекторности // Сайт «Ритм Евразии» 23.04.2020. URL: <https://www.ritmeurasia.org/news--2020-04-23--amerikanskie-biolaboratorii-v-armenii-chudesamnogovektornosti-48629> (дата обращения: 24.04.2022).

³¹ Биологические лаборатории Пентагона в Армении и Грузии – угроза всему Кавказу // Электронное издание «Фонд стратегической культуры». 12.02.2020. URL: <https://www.fondsk.ru/news/2020/02/14/biolaboratorii-pentagona-v-armenii-i-gruzii-ugroza-vsemu-rfvkazu-50131.html> (дата обращения: 24.04.2022).

³² Нуриев Э. «Бомба замедленного действия», или как сеть биологических лабораторий в Армении угрожает региональной безопасности // Сайт «Trend news agency». 02.09.2020. URL: <https://www.tred.az/Azerbaijan/rarabakha/3293040.html> (дата обращения: 07.06.2020).

³³ Саркисян А. США «зачищают» свои биологические лаборатории в Армении // Портал «Zen.yandex.ru». 14.03.2022. URL: <https://zen.yandex.ru/media/id/5a666ea458166944081fb24a/sshazachiscait-svoi-biolaboratorii-v-armenii-622f80642f1d35617f9b6e72> (дата обращения: 24.04.2022).

границит с Российской Федерацией, а на юге с Ираном. Кроме того, в Кавказском регионе компактно проживают в различных климатических условиях и на разнообразной местности люди различных этнических групп (их около 50), что позволяет разрабатывать биоагенты различной этнической направленности. Все БЛ по сути являются лабораториями «двойного назначения», в которых под видом борьбы с инфекционными заболеваниями проводятся закрытые эксперименты с возбудителями ООИ, средствами их диспергирования и доставки. Одновременно в этих странах происходит формирование подконтрольной США системы биобезопасности³⁴.

Деятельность БЛ, контролируемых МО США, на постсоветском пространстве осуществляется в закрытом режиме работы, они полностью исключены из юрисдикции государств, на территории которых располагаются. Их количество по периметру российских границ растет с каждым годом, сами бывшие республики постсоветского пространства по существу «...стали полигоном американских биотехнологий»^{35,36} [20–23].

Выводы. Создание МО США БЛ на территории постсоветских республик Кавказского региона угрожает биологической безопасности России и позволяет МО США решать следующие задачи:

- осуществлять сбор информации об эндемичных биопатогенах, каналах распространения и средствах борьбы с ними в России, ко-

- торые могут быть использованы для создания и испытания наступательного биологического оружия нового поколения, а также контролировать биологическую обстановку на территории Российской Федерации;

- выполнять биологические исследования, в том числе и военной направленности, не опасаясь протестов американской общественности;

- создавать болезнетворные микроорганизмы, направленные на поражение конкретного генотипа людей;

- проводить запрещенные испытания разработанных биологических поражающих агентов, отслеживая их вирулентность, пути доставки, вероятную смертность населения и поголовья домашних животных;

- обходить международные соглашения, например «Конвенцию о запрещении разработки, производства и накопления запасов бактериологического (биологического) и токсинного оружия и об их уничтожении» (КБТО) от 10 апреля 1972 г., последовательно уклоняясь от создания и подписания верификационного механизма проверки выполнения КБТО;

- проводить скрытые диверсионные акции, направленные на уничтожение личного состава Вооруженных Сил и населения России, нанесение ущерба экономике нашей страны путем уничтожения поголовья скота, заражения зерновых культур и дискредитации сельскохозяйственной продукции на мировых рынках.

³⁴ Иванов В. Вашингтон ускорил создание биологического оружия // Независимое военное обозрение. 2021. № 14 (1137). С. 2.

³⁵ Там же.

³⁶ Баранов В. Американская чума. Пентагон создает новое поколение биологического оружия в лабораториях по периметру России // Военно-промышленный курьер. 2019. № 7 (770). С. 4–5.

Вклад автора/ Autor Contribution

Все авторы внесли свой вклад в концепцию рукописи, участвовали в обсуждении и написании этой рукописи, одобрили окончательную версию. Все авторы прочитали и согласились с опубликованной версией рукописи. / All authors contributed to the conception of the manuscript, the discussion, and writing of this manuscript, approved the final version. All authors have read and agreed to the published version of the manuscript.

Информация о конфликте интересов

Авторы заявляют, что исследования проводились при отсутствии любых коммерческих или финансовых отношений, которые могли бы быть истолкованы как потенциальный конфликт интересов.

Сведения о рецензировании

Статья прошла открытое рецензирование двумя рецензентами, специалистами в данной области. Рецензии находятся в редакции журнала и в РИНЦе.

Финансирование. Филиал федерального государственного бюджетного учреждения «48 Центральный научно-исследовательский институт» Министерства обороны Российской Федерации (г. Екатеринбург).

Благодарности

Авторы выражают свою глубочайшую признательность Михаилу Васильевичу Супотницкому, глав-

ному специалисту ФГБУ «27 Научный центр» Министерства обороны Российской Федерации за чрезвычайно полезные советы, ценные замечания и помощь, оказанную при подготовке настоящей статьи.

Список источников

1. Филонов В.В. Современные проблемы биологической безопасности // Известия Национальной академии наук Кыргызской Республики. 2020. № 2. С. 17–24.
- Filonov V.V. Current biosafety problems // Proceedings of the National academy sciences of Kyrgyz Republic. 2020. № 2. P. 17–24 (in Russian).
2. Томчук Г.В. Основные этапы развития программы Нанна Лугара в 1990-е годы // Известия Саратовского университета. Серия: История. Международные отношения. 2012. Т. 12, № 1. С. 76–79.
- Tomchuk G.V. The main stages of the development of the Nunn-Lugar program in the 1990s // Bulletin of the Saratov University. Series: History. International relations. 2012. V. 12, № 1. P. 76–79 (in Russian).
3. Cook M.S., Wolf A.F. Preventing Proliferation of Biological Weapons: U.S. Assistance to the Former Soviet States. Issue Brief for Congress. Washington, D.C.: Congressional Research Service, 2002. P. 8–13.
4. Кириллов И.А. Американский Центр общественного здравоохранения им. Ричарда Лугара в Грузии – угроза биологической безопасности России // Вестник войск РХБ защиты. 2018. Т. 2, № 4. С. 7–9.
- Kirillov I.A. Richard Lugar American Center for Public Health in Georgia is a threat to Russia's biological safety // Journal of NBC Protection corps. 2018. V. 2, № 4. P. 7–9 (in Russian).
5. Young S., Willis H.H., Moore M., Engstrom J. Measuring Cooperative Biological Engagement Program (CBEP). Performance Capacities, Capabilities, and Sustainability Enablers for Biorisk Management and Biosurveillance. Santa Monica: RAND, 2014. P. 4–5.
6. Конышев В.Н. Военно-техническое сотрудничество США со странами Закавказья (2009–2012 гг.) // Национальные интересы: приоритеты и безопасность. 2013. № 28. С. 53–62.
- Konyshov V.N. US military-technical cooperation with the countries of Transcaucasia (2009–2012) // National interests: priorities and security. 2013. № 28. P. 53–62 (in Russian).
7. Мачавариани Г.Г. История американо-грузинских отношений в свете стратегических интересов США на Южном Кавказе // Манускрипт. 2016. № 5 (67). С. 131–134.
- Machavariani G.G. The history of USA and Georgian relations in the light of the strategic interests of the United States in the South Caucasus // Manuscript. 2016. № 5 (67). P. 131–134 (in Russian).
8. Арешев А.Г. Целью американских опытов в Грузии может быть создание нового биологического оружия // Архонт. 2018. № 4 (7). С. 34–36.
- Areshov A.G. The purpose of American experiments in Georgia may be the creation of a new biological weapon // Arkhont. 2018. № 4 (7). P. 34–36 (in Russian).
9. Милов К. Военно-биологическая деятельность США на постсоветском пространстве // Зарубежное военное обозрение. 2015. № 7. С. 26–32.
- Milov K. Military biological activity of the United States in the post-Soviet space // Foreign military review. 2015. № 7. P. 26–32 (in Russian).
10. Милов К. Военно-биологическая деятельность США на постсоветском пространстве // Зарубежное военное обозрение. 2017. № 10. С. 33–39.
- Milov K. Military and biological activity of the United States in the post-Soviet space // Foreign military review. 2017. № 10. P. 33–39 (in Russian).
11. Вильданов М., Новикова И. Состояние и развитие военно-биологической деятельности США // Зарубежное военное обозрение. 2019. № 3. С. 10–16.
- Vildanov M., Novicova I. State and development of military biological activity of the United States // Foreign military review. 2019. № 3. P. 10–16 (in Russian).
12. Маркин В.А., Чифанов Д.Е. Заносы особо опасных вирусных инфекций на неэндемичные территории // Журнал микробиологии, эпидемиологии и иммунобиологии. 2017. № 5. С. 91–100.
- Markin V.A., Chifanov D. E. Transfer of dangerous viral infections in the non-endemic area // Journal of Microbiology, Epidemiology and Immunobiology. 2017. № 5. P. 91–100 (in Russian).
13. Малоголовкин А.С., Гогин А.Е., Колбасов Д.В. Российский сценарий Африканской чумы свиней // Farm Animals. 2015. № 2 (9). С.56–63.
- Malogolovkin A.S., Gogin A.E., Kolbasov D.V. Russian scenario of African swine fever // Farm Animals. 2015. № 2 (9). P. 56–63 (in Russian).
14. Тарасов В.И., Ивойлова И.В., Именная Е.А. Очередной год африканской чумы свиней: пандемия, вакцинация и экономика // Экономика и бизнес: теория и практика. 2021. № 1–2. С. 148–152. <https://doi.org/10.24411/2411-0450-2021-10087>
- Tarasov V.I., Ivoilova I.V., Imennaya E.A. The next year of African swine fever: pandemic, vaccination and economy // Economics and Business: theory and practice. 2021. № 1–2. P. 148–152. <https://doi.org/10.24411/2411-0450-2021-10087> (in Russian).
15. Мельник А.И. Африканская чума свиней: история развития, текущие тенденции развития болезни в России // Вестник науки и образования. 2018. № 5 (41). С. 51–53.
- Melnik A.I. African swine fever: a history of development, current trends in the development of the disease in Russia // Bulletin of Science and Education. 2018. № 5 (41). P. 51–53 (in Russian).
16. Зайцева Н.В., Шур П.З., Хасанова А.А., Фокин В.А. Оценка риска возникновения вспышек африканской чумы свиней в Российской Федерации и связанных с ними потерь // Здоровье населения и среда обитания. 2014. № 8 (257). С. 4–6.
- Zaitseva N.V., Shur P.Z., Khasanova A.A.,

Fokin V.A. Risk assessment of outbreaks of African swine fever in the Russian Federation and associated losses // *Public Health and Environment*. 2014. № 8 (257). P. 4–6 (in Russian).

17. Гуленкин В.М., Клиновицкая И.М., Петрова О.Н., Караулов А.К. Африканская чума свиней на территории Российской Федерации: экономические последствия // *Ветеринария сегодня*. 2017. № 4 (23). С. 23–27.

Gulenko V.M., Klinovitskaya I.M., Petrova O.N., Karaulov A.K. African swine fever on the territory of the Russian Federation: economic consequences // *Veterinary Medicine today*. 2017. № 4 (23). P. 23–27 (in Russian).

18. Онищенко Г.Г., Кириллов И.А., Борисевич С.В. Аналитический обзор исследований с переносчиками арбовирусных инфекций, проводимых специалистами Министерства обороны США // *Инфекционные болезни: новости, мнения, обучение*. 2019. Т. 8. № 2. С. 80–95. <https://doi.org/10.24411/2305-3496-2019-1201>

Onishchenko G.G., Kirillov I.A., Borisevich S.V. Analytical review of studies with carriers of arbovirus infections conducted by specialists of the US Department of Defense // *Infections diseases: news, options, training*. 2019. V. 8. № 2. P. 80–95. <https://doi.org/10.24411/2305-3496-2019-1201> (in Russian).

19. Chaban A. Exit of Russia from the ISTC: divorce or the way to equality? // *Safety index*. 2014. № 1. P. 123–134.

20 Баранов В. Американская чума. Пентагон создает новое поколение биологического оружия в лабораториях по периметру России // *Военно-про-*

мышленный курьер. 2019. № 7 (770). С. 4–5.

Baranov V. The American plague. The Pentagon is creating a new generation of biological weapons in laboratories around the perimeter of Russia // *Military-Industrial Courier*. 2019. № 7 (770). P. 4–5 (in Russian).

21. Герасимов А.Н Зюзин С.Г., Соловьев А.И. Актуальные аспекты военно-биологической программы США // *Научная мысль*. 2020. Т. 11. № 11(35). С. 68–75.

Gerasimov A.N., Zyuzin S.G., Solovye A.I. Actual aspects of the US military biological program // *Scientific Thought*. 2020. V. 11. № 1 (35). P. 68–75 (in Russian).

22. Петров С.В., Супотницкий М.В. Протокол к Конвенции о запрещении бактериологического (биологического) оружия – история, основные положения, значение и причины неподписания // *Вестник войск РХБ защиты*. 2021. Т. 5. № 1. С. 4–21. <https://doi.org/10.35825/2587-5728-2021-5-1-4-21>

Petrov S.V., Supotnitskiy M.V. Protocol to the Convention on the Prohibition of Bacteriological (Biological) Weapons – History, Main Provisions, Significance and Reasons for Not Signing // *Journal of NBC Protection Corps*. 2021. V. 5. № 1. P. 4–21. <https://doi.org/10.35825/2587-5728-2021-5-1-4-21> (in Russian).

23. Холопова Е.Н., Масальская В.О. Биологическое оружие как угроза национальной безопасности России // *Правовое государство: теория и практика*. 2020. № 2 (60). С. 112–122.

Kholopova E.N., Mosalskaya V.O. Biological weapons as a threat to the national security of Russia // *Legal state: theory and practice*. 2020. № 2 (60). P. 112–122 (in Russian).

Об авторах

Филиал федерального государственного бюджетного учреждения «48 Центральный научно-исследовательский институт» Министерства обороны Российской Федерации (г. Екатеринбург). 620085, Российская Федерация, г. Екатеринбург, улица Звездная, д. 1.

Филонов Виктор Владимирович. Ведущий научный сотрудник отдела, д-р мед. наук.

Щеренко Владимир Васильевич. Старший научный сотрудник отдела, канд. техн. наук.

Попов Юрий Евгеньевич. Старший научный сотрудник отдела, канд. техн. наук.

Терещатов Виктор Эдуардович. Старший научный сотрудник отдела, канд. техн. наук.

Контактная информация для всех авторов: 47051 l@mil.ru

Контактное лицо: Виктор Владимирович Филонов; 47051 l@mil.ru

Biological Laboratories in the Caucasus Region as Sources of Threats to Russia's National Security

V.V. Filonov, V.V. Shcherenko, Y.E. Popov, V.E. Tereshchatov

Branch Office of the Federal State Budgetary Establishment «48 Central Scientific Research Institute» of the Ministry of Defence of the Russian Federation (Yekaterinburg), Zvezdnaya Str. 1, Yekaterinburg 620085, Russian Federation

Received 12 July 2022. Accepted 27 September 2022

Currently, dozens of biological laboratories controlled by the US Department of Defense are deployed along the perimeter of the Russian Federation. They are operating in a closed regime and completely

excluded from the jurisdiction of the states on whose territory they are located. *The purpose of this work* is to summarize the available information on the activities of these biolabs, controlled by the US Department of Defense in the Caucasus region. The deployment of these biolabs under the US control in the Caucasus region is due to its favorable geographical position – in the north it borders the Russian Federation, and in the south – Iran. In addition, people of various ethnic groups (about 50) live compactly in the Caucasus region in various climatic conditions and in diverse areas. These circumstances make it possible to develop bioagents of various ethnic orientations. All these biolabs are «dual-use» facilities that are part of the US-controlled biosecurity system. They allow the US Department of Defense to solve the following tasks: to create and test a new generation of biological weapons; to collect information on endemic biopathogens, ways of distribution and means of combating them in the Russian Federation; to control the biological situation on the territory of the Russian Federation; to carry out military biological research without fear of protests from the American public; to create dangerous pathogens and genetic weapons; to conduct tests of biological agents on humans, tracking their virulence, delivery routes, probable mortality of the population and livestock; to circumvent international agreements and conventions on the control of bioweapons; to carry out biosabotage aimed at destroying the personnel of the Armed Forces and the population of Russia, causing damage to the economy of our country by destroying livestock, infecting grain crops and discrediting Russian agricultural products on world markets. These US-controlled biolabs deployed along the perimeter of the Russian Federation threaten the national security of Russia and the countries in which they are located. Serious diplomatic efforts are needed to curtail their activities in the Caucasus region.

Keywords: *biological security; biological sabotage; biological agent; biolab; biological weapons; biological threats.*

For citation: *Filonov V.V., Shcherenko V.V., Popov Y.E., Tereshchatov V.E. Biological Laboratories in the Caucasus Region as Sources of Threats to Russia's National Security // Journal of NBC Protection Corps. 2022. V. 6. № 3. P. 258–270. <https://doi.org/10.35825/2587-5728-2022-6-3-258-270>*

Conflict of interest statement

The authors declare that the research was conducted in the absence of any commercial or financial relationship that could be construed as a potential conflict of interest.

Peer review information

The article has been peer reviewed by two experts in the respective field. Peer reviews are available from the Editorial Board and from Russian Science Citation Index database.

Funding. Branch Office of the Federal State Budgetary Establishment «48 Central Scientific Research Institute» of the Ministry of Defence of the Russian Federation (Yekaterinburg)

Thanks

The authors express their deepest gratitude to Mikhail Vasilyevich Supotnitsky, chief specialist of the Federal State Budgetary Institution «27 Scientific Center» of the Ministry of Defense of the Russian Federation, for extremely useful advice, valuable comments and assistance provided in the preparation of this article.

References

See P. 268–269.

Authors

Branch Office of the Federal State Budgetary Establishment «48 Central Scientific Research Institute» of the Ministry of Defence of the Russian Federation (Yekaterinburg), Zvezdnaya Str. 1, Yekaterinburg 620085, Russian Federation.

Filonov Viktor Vladimirovich. Leading Researcher. Doctor of Medical Sciences.

Shcherenko Vladimir Vasil'yevich. Senior Researcher of the Department. Candidate of Technical Sciences.

Popov Yuriy Yevgen'yevich. Senior Researcher of the Department. Candidate of Technical Sciences.

Tereshchatov Viktor Eduardovich. Senior Researcher of the Department. Candidate of Technical Sciences.

Contact information for all authors: 47051_l@mil.ru

Contact person: Viktor Vladimirovich Filonov; 47051_l@mil.ru

Высокопроизводительные способы специальной обработки объектов вооружения, военной и специальной техники

В.В. Кузнецов, П.Е. Беляков, С.А. Шаров, В.С. Никонов

Федеральное государственное бюджетное учреждение
«33 Центральный научно-исследовательский испытательный институт»
Министерства обороны Российской Федерации,
412918, Российская Федерация, г. Вольск-18, ул. Краснознаменная, д. 1

Поступила 16.06.2020 г. Исправленный вариант 22.03.2022 г. Исправленный вариант 06.09.2022 г.
Принята к публикации 27.09.2022 г.

Существующие средства специальной обработки объектов вооружения, военной и специальной техники (ВВСТ) в современных условиях имеют ряд недостатков и нуждаются в совершенствовании. Так, водные растворы дегазирующих и дезинфицирующих веществ и органические рецептуры специальной обработки применяются с относительно высокой нормой расхода до 4,5 и 0,6 л/м² соответственно, при этом продолжительность обработки 1 м² может составлять 1 мин, что связано как с физико-химическими свойствами применяемых растворов и рецептур, так и с особенностями способов их применения. Кроме того, технические средства специальной обработки не предназначены для обработки внутренних объемов ВВСТ, а проведение подготовительных мероприятий требует наличия комплекса средств. Цель работы – определение возможных путей повышения эффективности средств специальной обработки объектов ВВСТ. В ходе проведенного анализа зарубежных и отечественных открытых источников установлено, что снижение нормы расхода и повышение темпа специальной обработки может быть достигнуто в результате применения пенообразователей, придающих водным растворам химически-активных веществ пролонгирующее действие. Повышение автоматизации и производительности специальной обработки ВВСТ до 30–40 ед./ч может быть достигнуто в результате разработки поточного способа обработки. Данный способ заключается в нанесении дегазирующих рецептур на обрабатываемую поверхность в виде аэрозольно-капельного потока при помощи центробежных форсунок, расположенных на подвижной конструкции полуарочного типа. При этом повышение производительности в первую очередь достигается в результате увеличения одновременно обрабатываемой площади объекта. Снижение времени на предварительную подготовку объектов и повышение полноты мероприятий по специальной обработке ВВСТ может быть достигнуто в результате разработки многостадийного способа дегазации, дезинфекции и дезактивации. Способ заключается в последовательном применении водных высоконапорных струй и пенообразующих или сольвентных рецептур с заданным временем экспозиции обработки. В ряде случаев наряду с обработкой наружных поверхностей возникает необходимость проведения дегазации и дезинфекции внутренних обитаемых отсеков ВВСТ. Одним из возможных направлений решения данной задачи является качественное расширение возможностей технических средств специальной обработки в результате разработки способа применения ультрамалых объемов рецептур специальной обработки в виде высокодисперсного аэрозоля. Распыление растворов химически-активных веществ целесообразно проводить гидравлическим или пневмогидравлическим способом, при этом сохраняются основные показатели качества рецептур.

Ключевые слова: дегазация; рецептура; специальная обработка; технические средства специальной обработки; токсичный химикат.

Библиографическое описание: Кузнецов В.В., Беляков П.Е., Шаров С.А., Никонов В.С. Высокопроизводительные способы специальной обработки объектов вооружения, военной и специальной техники // Вестник РХБ защиты. 2022. Т. 6. № 3. С. 271–281. <https://doi.org/10.35825/2587-5728-2022-6-3-271-281>



А



Б

**Рисунок 1 – Специальная обработка военной техники с использованием прибора АПСО.
А – обработка методом орошения; Б – обработка методом протирания орошаемой щеткой.
Авторство изображения принадлежит ФГБУ «33 ЦНИИИ» Минобороны России**

В результате применения противником оружия массового поражения, а также при техногенных авариях на химически, радиационно или биологически опасных объектах образцы вооружения, военной и специальной техники (ВВСТ) могут заражаться токсичными химикатами (ТХ), биологическими агентами или загрязняться радиоактивными веществами (РВ) [1–3]. При этом объекты ВВСТ представляют опасность для личного состава при контакте открытых участков кожных покровов с зараженными поверхностями, а также через незащищенные органы дыхания в результате испарения ТХ, что обуславливает необходимость применения средств индивидуальной защиты.

Нахождение в средствах индивидуальной защиты кожи и органов дыхания оказывает изнуряющее действие на личный состав и является одной из причин снижения боеспособности подразделений войск в целом. Одно из основных мероприятий, проводимых для обеспечения возможности действий личным составом без средств индивидуальной защиты, а также снижения потерь и сохранения боеспособности является специальная обработка (СО) ВВСТ [4, 5].

Цель работы – определение возможных путей повышения эффективности средств специальной обработки объектов ВВСТ.

Для ее достижения анализировались открытые зарубежные и отечественные источники по рассматриваемой проблеме.

Современные технические средства, методы и способы СО ВВСТ. К основным организационно-техническим мероприятиям по СО относятся: дегазация – действия, направленные на обезвреживание ТХ; дезактивация

– действия, направленные на удаление РВ; а также дезинфекция – действия, направленные на уничтожение биологических средств (БС) [5–7]. Частичная и полная СО дегазирующими, дезинфицирующими и дезактивирующими веществами и рецептурами, стоящими на снабжении Вооруженных Сил Российской Федерации, проводится в основном двумя методами: протиранием орошаемой щеткой и орошением (рисунок 1).

Данные методы СО реализованы в авто-разливочных станциях АРС-14 У, АРС-14 КМ и комплекте ДКВ-1У войск радиационной, химической и биологической (РХБ) защиты, а также в приборах и комплектах, находящихся в подразделениях войск, например, в танковом дегазационном приборе ТДП комплекте ДК-4 или приборе АПСО¹.

Методы орошения и протирания орошаемой щеткой на сегодняшний день морально устарели, так как являются малоэффективными, трудоемкими и продолжительными по времени обработки. Кроме того, основными недостатками данных методов обработки являются относительно большая норма расхода применяемых рецептур (1,5–4,5 л/м² для водных рецептур, до 0,6 л/м² для рецептур на органической основе), невозможность обработки сложных по конфигурации поверхностей и необходимость проведения предварительных операций, связанных с очисткой обрабатываемой поверхности от загрязнений.

В связи с этим проведение исследований в области новых высокопроизводительных способов дегазации, дезинфекции и дезактивации (ДДД) представляют собой актуальную задачу.

¹ Авторазливочная станция АРС-14КМ. Руководство по эксплуатации. 1996.

Танковый дегазационный комплект (Комплект ТДП). Паспорт. 1983.

Прибор Автономный бортовой. Руководство по эксплуатации. ГУП «ГНПП «Сплав». 2001.



Рисунок 2 – Внешний вид мобильного комплекса DDMAS. Изображение взято с сайта: URL: <https://www.cristanini.it/eng/products/cbrn-decontamination/decontamination-of-vehicles-materials-terrains-platforms-and-aircrafts/systems/ddmas-decontamination-detoxification-mobile-autonomous-system> (дата обращения: 12.09.2022)



Рисунок 3 – Дегазационная система DECOCONTAIN 3000 GDS. Изображение взято с сайта: URL: <https://www.karcher-futuretech.com/en/products/mobile-cbrn-decontamination/mobile-decontamination-systems/decontamination-containers/decocontain-3000-13040200.html> (дата обращения: 12.09.2022)

Основные способы повышения эффективности мероприятий СО ВВСТ. На сегодняшний день, на основании результатов исследований, проводимых в нашей стране [8–10] а также учитывая зарубежные работы [11–17], можно определить, что повышение эффективности мероприятий по СО ВВСТ может быть достигнуто в результате автоматизации проводимых мероприятий по дегазации, дезинфекции и дезактивации, применению современных технических решений и технологий, позволяющих быстро достигать требуемую полноту обработки с минимальными затратами ручного труда и используемых рецептур.

Исследования в области повышения эффективности СО ВВСТ, проводимые как в нашей стране, так и за рубежом, показывают схожие результаты, на основании которых можно выделить следующие перспективные направления дальнейшего развития средств и способов СО:

- применение веществ и рецептур в виде высокодисперсного аэрозоля;
- разработка специальных веществ и рецептур, обладающих пролонгированным действием и повышенным временем удержания на обрабатываемой поверхности;
- применение высоконапорных струй;
- автоматизация и роботизирование процесса СО.

Первые шаги в вышеуказанных направлениях уже сделаны за рубежом. Так, на зару-

бежном рынке средств СО объектов ВВСТ итальянской фирмой Cristanini CBRN & Emergency представлен комплекс специальной обработки DDMAS или его облегченные версии средний прицеп RI/CBRN Trailer, а также одноосный легкий прицеп Light Decon Trailer LTD².

Мобильный комплекс специальной обработки DDMAS предназначен для полной специальной обработки ВВСТ, самолетов, зданий, сооружений, снаряжения, обмундирования, а также гигиенической помывки личного состава. Внешний вид комплекса представлен на рисунке 2.

Комплекс специальной обработки DDMAS имеет в своем составе дегазационные установки высокого и низкого давления Sanijet с дегазационными приборами Sanijet Gun, палатку с душевыми насадками, приборы PSDS/10 MIL и PRNDS/12 MIL, генератор горячего воздуха, а также комплект для СО оптикоэлектронного оборудования Decontamination kit SX-34 [18].

Наряду с итальянскими специалистами, в странах НАТО наиболее передовые разработки средств специальной обработки ведет немецкая фирма Alfred Karcher GmbH & Co. Последние разработки в области специальной обработки объектов ВВСТ, авиационной техники, зданий и сооружений реализованы в дегазационной системе последнего поколения DECOCONTAIN 3000 GDS³. Система размещена в стандартном ISO контейнере и может располагаться на различных автомобиль-

² Guide for the Selection of Chemical, Biological, Radiological, and Nuclear Decontamination Equipment for Emergency First Responders/ Preparedness Directorate Office of Grants and Training. Guide 103–06. March 2007.

³ Mobile CBRN decontamination/ Futuretech Karcher Group. Guide. 2019.

ных-базовых шасси (АБШ). Внешний вид системы DECOCONTAIN 3000 GDS изображен на рисунке 3.

Система DECOCONTAIN 3000 GDS немецкой фирмы Karcher Futuretech GmbH разработана для применения в подразделениях батальонного звена и выше и является базовым элементом станции специальной обработки. Компактная, высокопроизводительная система нового поколения может выполнять широкий спектр задач по специальной обработке.

Отечественные производители также не стоят на месте, исследования ведутся по всем перспективным направлениям. Можно выделить несколько основных возможных направлений развития средств СО ВВСТ, которые мы рассмотрим далее.

Поточный способ специальной обработки объектов ВВСТ. Разработка поточного способа дегазации, основанного на орошении поверхностей аэрозольно-капельным потоком полидегазирующей рецептуры РД-2 является одним из возможных путей повышения производительности технических средств специальной обработки (ТССО) с одновременным снижением норм расхода дегазирующей рецептуры и автоматизацией процесса обработки объектов ВВСТ⁴.

Рецептура РД-2 может наноситься на поверхность объекта при помощи центробежных форсунок с заданными характери-

ками аэрозольно-капельного потока, гарантирующими достижение требуемой полноты дегазации. При этом относительно равномерное орошение поверхности может быть обеспечено в результате перекрытия факелов распыленной рецептуры на четверть диаметра [19]. Схематическое изображение расположения центробежных форсунок представлено на рисунке 4.

Обработка всей поверхности объекта ВВСТ достигается в результате равномерного перемещения форсунок вдоль корпуса.

Наиболее приемлемым техническим решением для реализации поточного способа дегазации является применение полуарочной конструкции с изменяемой геометрией. Конструкция полуарочного типа имеет большую степень свободы при обработке типовых объектов ВВСТ в сравнении с замкнутой арочной конструкцией.

Необходимо учесть, что большая часть объектов ВВСТ обрабатывается силами самих расчетов с использованием бортовых ТССО, специальными подразделениями войск РХБ защиты, как правило, обрабатывается крупногабаритная техника и ВВСТ, неоснащенные средствами для проведения СО. В таких условиях поточную технологию дегазации с применением конструкции полуарочного типа с изменяемой геометрией можно считать наиболее оптимальной для проведения СО.

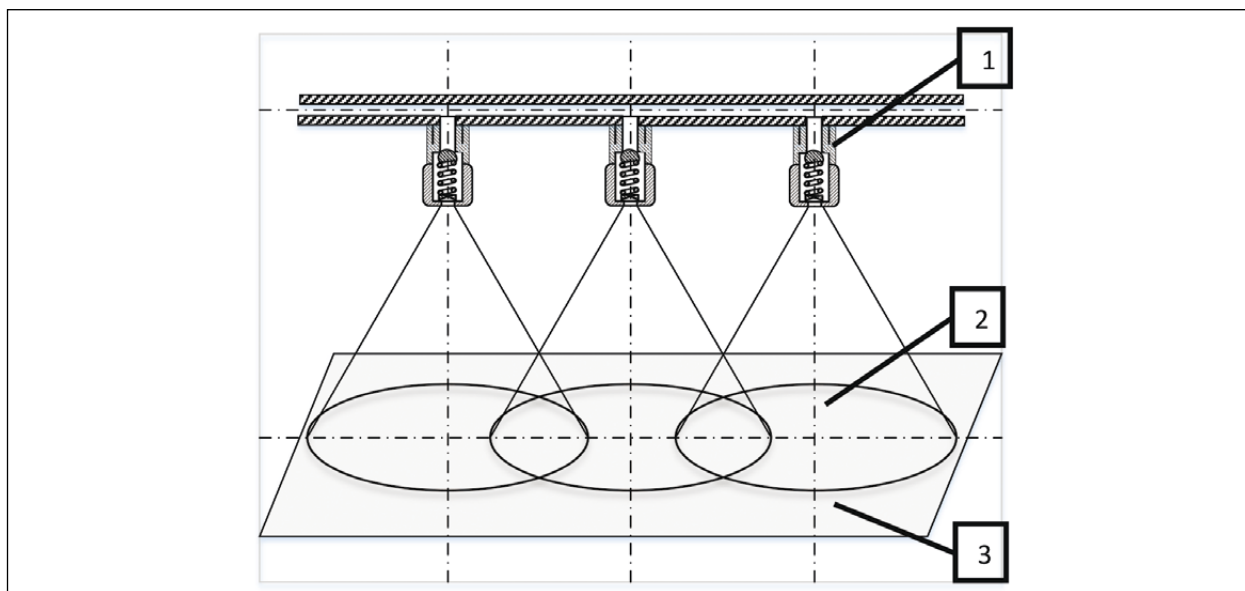


Рисунок 4 – Схематическое изображение расположения центробежных форсунок для применения поточного способа обработки ВВСТ: 1 – элемент полуарочной конструкции с центробежными форсунками; 2 – площадь пятна распыляемой рецептуры РД-2; 3 – поверхность обрабатываемого объекта. Авторство изображения принадлежит ФГБУ «33 ЦНИИИ» Минобороны России

⁴ Казимиров О.В., Силин Н.А. Разработка высокопроизводительной поточной технологии дегазации и дезинфекции типовых объектов ВВТ Сухопутных войск // В кн.: Актуальные вопросы теории и практики РХБ защиты. Реферат. сб. Вольск-18. 2011.



Рисунок 5 – Обработка объекта ВВСТ высоконапорной водяной струей. Авторство изображения принадлежит ФГБУ «33 ЦНИИИ» Минобороны России

Внедрение в войска поточной технологии дегазации, основанной на орошении рецептурой РД-2 зараженных ТХ поверхностей, позволит повысить производительность ТССО ВВСТ до 30–40 ед./ч и исключить необходимость привлечения личного состава обрабатываемых подразделений, а также обеспечить автоматизацию процесса обработки.

Многостадийный способ обработки объектов ВВСТ. На эффективность мероприятий по ДДД, кроме контролируемых параметров режима обработки, также влияют неконтролируемые факторы: уровень начального заражения ТХ, БС или загрязнения РВ, вид применяемого для окраски объекта ВВСТ лакокрасочного покрытия (ЛКП) и наличие на поверхности загрязнений.

Наличие на объекте замасленных, пылевых, грязевых образований влияет на количество диффундируемого к поверхности ЛКП ТХ и закрепленной радиоактивной пыли, а также смачиваемость рецептурой обрабатываемой поверхности.

Данное обстоятельство обуславливает необходимость предварительной подготовки поверхностей к проведению мероприятий по СО. В соответствии с руководящими документами очищение поверхностей от загрязнений проводится экипажем ВВСТ подручными средствами, и заключается в удалении видимых крупных загрязнений.

Для повышения эффективности ДДД и снижения степени привлечения экипажа на предварительную подготовку загрязненных поверхностей предлагается применять многостадийный способ обработки, заключающийся в последовательном воздействии на объект высоконапорными водяными струями с разным давлением и теплосодержанием, а также ре-

цептурами и растворами СО. Предлагаемый способ должен быть реализован в едином техническом средстве, позволяющем применять как высоконапорные водяные струи, так и растворы, и рецептуры СО.

Применение многостадийной технологии с использованием водных высоконапорных струй позволит:

- интенсифицировать процесс предварительной подготовки к мероприятиям по СО, заключающийся в удалении загрязнений с обрабатываемой поверхности;
- снизить начальную зараженность поверхности ТХ, БС или загрязненность РВ перед нанесением рецептуры;
- повысить полную дегазацию в результате удаления продуктов химического взаимодействия.

Многостадийный способ обработки ВВСТ, состоит из следующих стадий:

- предварительная помывка объекта высоконапорной струей;
- обработка поверхности рецептурой, содержащей химически-активный компонент;
- экспозиция нанесенной рецептуры в зоне контакта с ТХ;
- последующая обработка водой или перегретым паром.

При обработке объекта ВВСТ высоконапорной водяной струей интенсифицировать процесс удаления загрязнений, невпитавшегося ТХ, БС, а также РВ, находящихся на поверхности ЛКП объекта ВВСТ, можно повышением силы гидродинамического давления струи (сила удара), либо повышением силы скоростного (размывающего) воздействия потока жидкости, растекающегося по поверхности [20, 21] (рисунок 5).

После обработки объекта ВВСТ высоконапорной водяной струей на второй стадии проводится нанесение химически-активной рецептуры. Наиболее эффективной является рецептура РД-2, обладающая полидегазирующими свойствами к основным известным ТХ. Данная рецептура может применяться при отрицательных температурах до минус 60 °С, однако она не обладает дезинфицирующими свойствами, кроме того, необходимость снабжения подразделений войск емкостями с рецептурой РД-2 создает дополнительную нагрузку на службу материально-технического обеспечения.

В связи с этим, в многостадийном способе обработки целесообразно применять сольвентную рецептуру РД-2 только в зимний период года, а в теплые летний, осенний или весенний периоды года применять водные растворы хлорсодержащих дегазирующих и дезинфицирующих веществ пролонгирующего действия.

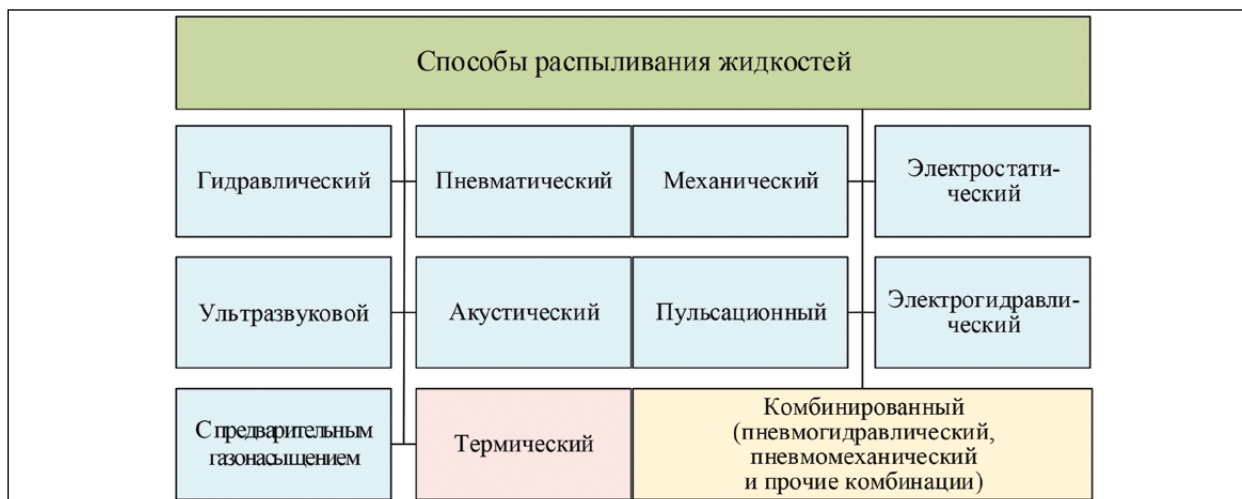


Рисунок 6 – Основные способы распыливания жидкости. Авторство изображения принадлежит ФГБУ «33 ЦНИИИ» Минобороны России

Разработка полифункциональных рецептур СО пролонгирующего действия. Стоящие в настоящее время на снабжении войск водные растворы гипохлоритов кальция имеют высокие нормы расхода, а способ их применения, основанный на протирании зараженных поверхностей орошаемой щеткой, имеет низкие характеристики производительности и является трудоемким.

В целях повышения эффективности СО объектов ВВСТ водными рецептурами проводились работы по исследованию новых дегазирующих и дезинфицирующих веществ [22, 23] и приданию им пролонгированного действия за счет введения пенообразователей [24–26], позволяющих рецептуре оставаться на поверхности объекта продолжительное время.

В результате проведения данных исследований разработана и принята на снабжение войск в 2014 г. новая полидегазирующая и полифункциональная пенная (пленочная) водная рецептура ПОР-СО⁵.

Для нанесения рецептуры ПОР-СО на обрабатываемую поверхность применяется пенная насадка [27].

Данный способ повышает производительность по сравнению с методом протирания орошаемой щеткой, более чем в пять раз при одновременном снижении нормы расхода до 0,5 л/м². Стоимость обработки одного объекта ВВСТ с применением органических рецептур существенно выше, чем при применении водных. В связи с этим в отечественных разработках предлагается применять две рецептуры:

водорастворимую пенную рецептуру ПОР-СО и органическую рецептуру РД-2. Выбор рецептуры и технологии ее применения будут зависеть от начальных условий зараженности объекта и температурных показателей окружающей среды.

Обработка внутренних объемов и поверхностей объектов ВВСТ. Наряду с обработкой наружных поверхностей в ряде случаев возникает необходимость проведения дегазации обитаемых отсеков и кабин. Так, в результате разгерметизации внутренние поверхности объекта ВВСТ могут быть заражены стойкими ТХ на длительный период, при этом в результате десорбции создаются опасные в ингаляционном отношении концентрации паров физиологически-активных веществ.

Однако на снабжении войск отсутствуют технические средства, позволяющие проводить СО внутренних поверхностей объектов ВВСТ. В случае их заражения дегазация проводится протиранием ветошью, смоченной дегазирующими растворами и рецептурами. Данный способ продолжителен по времени, требует значительных затрат ручного труда, также затруднена обработка углубленных и труднодоступных поверхностей, что снижает эффективность проводимых мероприятий. Указанные недостатки актуализируют исследования по разработке способов СО внутренних поверхностей объектов ВВСТ.

Для решения данной задачи предлагается применять аэрозольный способ СО ультрамалыми объемами дегазирующих и дезинфи-

⁵ Бондаренко В.Б., Казимиров О.В. Дегазация объектов вооружения и военной техники химически активными пенообразующими рецептурами // В кн.: Актуальные вопросы теории и практики РХБ защиты. Реферат. сб. Вольск-18. 2012.

цирующих рецептур [28], реализованный во вновь разрабатываемых приборах СО⁶.

Применение дегазирующих и дезинфицирующих рецептур в виде аэрозоля обеспечивает выполнение основных технологических процессов, влияющих на полноту и эффективность дегазации и дезинфекции: увеличение продолжительности воздействия рецептуры на зараженную поверхность и увеличение площади контакта рецептуры с обрабатываемой поверхностью.

Существует два основных механизма образования аэрозолей: дробление крупных тел (диспергация) и объединение отдельных молекул (конденсация) [29].

Конденсационное образование частиц может происходить за счет присоединения молекул к уже существующей пылинке или иону [30, 31], в этом случае его принято называть гетерогенным. Существует также и гомогенная конденсация. При ее протекании частица зарождается из пара путем объединения одинаковых молекул.

В основе механизма аэрозолеобразования жидкости лежит метод подвода энергии, расходуемой непосредственно на распыливание. Согласно классификации [32, 33], выделяют одиннадцать основных способов распыливания жидкости, которые представлены на рисунке 6.

В результате анализа существующих способов распыла жидкостей установлено, что для целей дегазации и дезинфекции внутренних поверхностей ВВСТ целесообразно применять гидравлический и комбинированный пневмогидравлический способы получения аэрозолей, так как рецептуры СО при данных способах дробления не снижают свои показатели качества. Данные способы аэрозолеобразования жидкостей могут проводиться с использованием двухфазных форсунок, в связи с чем имеют ряд преимуществ перед другими методами распыливания:

- возможность получения аэрозолей различной дисперсности при изменении соотношения жидкости и воздуха;
- низкое давление жидкости и воздуха для получения мелкой капли воды;
- широкий диапазон регулирования расхода рецептуры;
- наличие сменных насадок – при износе или наладке достаточно заменить только их, чтобы оптимизировать расход;
- большое проходное сечение для создания тумана или более мелкой капли;

- возможность управления распылением жидкости через запорный канал форсунки;

- возможность работы в режиме эжекции – когда подаваемый воздух подсасывает жидкость и распыляет ее. При этом отсутствует необходимость использования насоса для нагнетания жидкости.

Внедрение аэрозольного способа дегазации и дезинфекции объектов ВВСТ обеспечит обработку труднодоступных поверхностей, позволит снизить норму расхода рецептур СО в 10–100 раз, уменьшить затраты ручного труда, а также сократить время обработки внутренних поверхностей ВВСТ до 10 мин.

Заключение

Разрабатываемые способы дегазации, дезинфекции и дезактивации должны быть направлены на достижение полноты СО, минимизацию расходов рецептур, снижение трудоемкости, увеличение производительности и расширение возможностей ТССО по назначению.

Для повышения производительности существующих авторазливочных станций и разрабатываемых машин СО необходимо исследовать поточный способ дегазации ВВСТ. Наиболее эффективным решением для реализации данного способа является конструкция полуарочного типа.

Повышение полноты дегазации и дезинфекции, а также дезактивации объектов ВВСТ может быть достигнуто в результате разработки многостадийного способа СО с последовательным применением высоконапорных водных струй, и рецептур на водной и органической основе.

К проведению СО необходимо практиковать комбинированный подход. Он заключается в применении поточного способа дегазации, по многостадийной технологии. С обработки поверхности рецептурой, содержащей химически-активный компонент проводить поточным способом с применением конструкции полуарочного типа с изменяемой геометрией. При этом в теплое время года целесообразно использовать полидегазирующие пенные рецептуры на водной основе.

Для СО внутренних поверхностей объектов ВВСТ могут применяться бортовые приборы и комплекты, принцип работы которых основан на гидравлическом и комбинированном пневмогидравлическом способе дробления жидкости при помощи двухфазных форсунок и применении технологии ультрамалых объемов дегазирующих рецептур.

⁶ Игнатъева Е.В., Казимиров О.В., Карпов В.П. Способ дегазации и дезинфекции внутренних поверхностей объектов ВВТ с применением высокодисперсного аэрозоля // В кн.: Актуальные вопросы теории и практики РХБ защиты. Реферат. сб. Вольск-18. 2013.

Вклад авторов / Authors Contribution

Все авторы внесли свой вклад в концепцию рукописи, участвовали в обсуждении и написании этой рукописи, одобрили окончательную версию. Все авторы прочитали и согласились с опубликованной версией рукописи / All authors contributed to the conception of the manuscript, the discussion, and writing of this manuscript, approved the final version. All authors have read and agreed to the published version of the manuscript.

Информация о конфликте интересов

Авторы заявляют, что исследования проводились при отсутствии любых коммерческих или финансовых отношений, которые могли бы быть истолкованы как потенциальный конфликт интересов.

Сведения о рецензировании

Статья прошла открытое рецензирование двумя рецензентами, специалистами в данной области. Рецензии находятся в редакции журнала и в РИНЦе.

Финансирование. Федеральное государственное бюджетное учреждение «33 Центральный научно-исследовательский испытательный институт» Министерства обороны Российской Федерации.

Список источников / References

1. Мальцев С.А., Вебер Е.В., Иноземцев В.А. и др. О ходе выполнения первоочередных мероприятий по устранению накопленного вреда окружающей среде от деятельности химических предприятий на территории г. Усолье-Сибирское Иркутской области // Вестник войск РХБ защиты. 2021. Т. 5, № 2. С. 136–148. <https://doi.org/10.35825/2587-5728-2020-5-2-136-148>
- Maltsev S.A., Weber E.V., Inozemtsev V.A. et al. On the implementation of priority measures to eliminate accumulated environmental damage from the activities of chemical enterprises in the territory of Usolye-Sibirskoye, Irkutsk region // Journal of NBC Protection Corps. 2021. V. 5, № 2. P. 136–148. <https://doi.org/10.35825/2587-5728-2020-5-2-136-148> (in Russian).
2. Супотницкий М.В. Химическое оружие в ирано-иракской войне 1980–1988 годов. 5. Накопленный опыт лечения поражений сернистым ипритом // Вестник войск РХБ защиты. 2021. Т. 5, № 2. С. 123–135. <https://doi.org/10.35825/2587-5728-2021-5-2-123-135>
- Supotnitskiy M.V. Chemical weapon in the Iran-Iraq war (1980–1988) 5. Accumulated experience in the treatment of lesions caused by sulfur mustard // Journal of NBC Protection Corps. 2017. V. 1, № 2. P. 123–135. <https://doi.org/10.35825/2587-5728-2017-1-2-123-135> (in Russian).
3. Ковтун В.А., Голипад А.Н., Мельников А.В. и др. Химический терроризм как силовой инструмент проведения внешней политики США и стран запада // Вестник войск РХБ защиты. 2017. Т. 1, № 2. С. 3–13. <https://doi.org/10.35825/2587-5728-2017-1-2-3-13>
- Kovtun V.A., Golipad A.N., Melnikov A.V. et al. Chemical Terrorism as coercive instrument of foreign policy of the US and the West // Journal of NBC Protection Corps. 2017. V. 1, № 2. P. 3–13. <https://doi.org/10.35825/2587-5728-2017-1-2-3-13> (in Russian).
4. Болтыков О.В., Сазонов И.А., Смирнов А.О. Подготовка специалистов РХБ разведки к выполнению специальных задач // Вестник войск РХБ защиты. 2021. Т. 5, № 1. С. 65–70. <https://doi.org/10.35825/2587-5728-2021-5-1-65-70>
- Boltykov O.V., Sazonov I.A., Smirnov A.O. Training of NBC reconnaissance specialists for special tasks performance // Journal of NBC Protection Corps. 2021. V. 5, № 1. P. 65–70. <https://doi.org/10.35825/2587-5728-2021-5-1-65-70> (in Russian).
5. Капашин В.П., Мандыч В.Г., Кармишин А.Ю. и др. Оптимизация технологии выполнения ликвидационных мероприятий на объектах по уничтожению химического оружия // Вестник войск РХБ защиты. 2020. Т. 4, № 4. С. 404–420. <https://doi.org/10.35825/2587-5728-2020-4-4-404-420>
- Kapashin V.P., Mandych V.G., Karmishin A. et al. Optimization of technology for performing liquidation measures at chemical weapons destruction facilities // Journal of NBC Protection Corps. 2020. V. 4, № 4. P. 404–420. <https://doi.org/10.35825/2587-5728-2020-4-4-404-420> (in Russian).
6. Воропаев Н.П., Киселев С.В. Направления совершенствования специальной обработки в системе МЧС России // Вестник Санкт-Петербургского университета ГПС МЧС России. 2014. № 4. С. 1–5.
- Voropaev N.P., Kiselev S.V. Directions for improving special processing in the EMERCOM system of Russia // Bulletin of the St. Petersburg University of the Ministry of Emergency Situations of Russia. 2014. № 4. P. 1–5 (in Russian).
7. Михайлов В.Г., Шабельников М.П., Терновой А.В., Стяжин К.К. Первый опыт групп специальной обработки в условиях распространения COVID-19 в Москве и Московской области // Вестник войск РХБ защиты. 2020. Т. 4, № 3. С. 384–391. <https://doi.org/10.35825/2587-5728-2020-4-3-384-391>
- Mikhaylov V.G., Shabelnikov M.P., Ternovoy A.V., Styazhkin K.K. The first experience of decontamination operational groups in infection prevention and control for COVID-19 in Moscow and Moscow region // Journal of NBC Protection Corps. 2020. V. 4, № 3. P. 384–391. <https://doi.org/10.35825/2587-5728-2020-4-3-384-391> (in Russian).

8. Карпов В.П., Казиморов О.В., Капканец К.С. Научно-технический анализ основных направлений исследований при создании новых образцов технических средств и рецептур специальной обработки // Вестник войск РХБ защиты. 2017. Т. 1, № 1. С. 42–52. <https://doi.org/10.35825/2587-5728-2017-1-1-42-52>
- Karpov V.P., Kazimorov O.V., Kapkanets K.S. Scientific and technical analysis of the main directions of research in the creation of new samples of technical means and formulations of special processing // Journal of NBC Protection Corps. 2017.V. 1, № 1. P. 42–52. <https://doi.org/10.35825/2587-5728-2017-1-1-42-52> (in Russian).
9. Труханов А.В., Анисимов С.Д., Васильев В.А. Техническое средство специальной обработки беспилотных летательных аппаратов // Доклады академии военных наук (Поволжское отделение). 2020. № 3. С. 66–70.
- Trukhanov A.V., Anisimov S.D., Vasiliev V.A. Technical means of special processing of unmanned aerial vehicles // Reports of Military Sciences (Volga branch). 2020. № 3. P. 66–70 (in Russian).
10. Ключин А.В., Шанешкин В.А., Манько В.Л. и др. Робототехнические средства для ликвидации последствий чрезвычайных ситуаций // Доклады академии военных наук (Поволжское отделение). 2019. № 2. С. 37–42.
- Klyuzhin A.V., Shaneshkin V.A., Manko V.L. et al. Robotic means for emergency response // Reports of Military Sciences (Volga Branch). 2019. № 2. P. 37–42 (in Russian).
11. Кондрашов С.Н., Фролов Д.В., Лопатина Н.Б. Современное состояние и тенденции развития средств защиты от оружия массового поражения стран НАТО // Вестник академии военных наук. 2015. № 4. С. 95–99.
- Kondrashov S.N., Frolov D.V., Lopatina N.B. The current state and development trends of means of protection against weapons of mass destruction of NATO countries // Bulletin of the Academy of Military Sciences. 2015. № 4. P. 95–99 (in Russian).
12. Vinod K., Rajeev G., Raman C. et al. Chemical, biological, radiological, and nuclear decontamination: Recent trends and future perspective // J. Pharm. Bioallied. Sci. 2010. V. 2, № 3. P. 220–238. <https://doi.org/10.4103/0975-7406.68505>
13. Richardt A., Dlum M.M. Decontamination of Warfare Agents. Wiley-VCH, 2019.
14. Moldenhauer J. Disinfection and Decontamination. CRC Press, 2018.
15. Laukton Y. Rimpel; Daniel E. et al. Dashiell and Mary Frances Tracy Chemical defense equipment // In: Medical aspects of Chemical Warfare. 2008. P. 559–592.
16. Pulpea D., Bunea M., Rotariu T. et al. Review of Materials and Technologies Used for Chemical and Radiological Decontamination // Journal of Military Technology. 2019. V. 2, № 1. P. 43–52.
17. Ceremuga M., Pirszel J., Stela M., Czerwiński P. Decontamination of chemical agents // In: CBRN. Security Manager Handbook / Ed. Bijak M. WUŁ, Łódź, 2018. <https://doi.org/10.18778/8142-184-3.18>
18. Palestini L., Binotti G., Sassolini A. et al. SX 34 and the decontamination effects on chemical warfare agents (CWA) // Wseas Transactions on Environment and Development. 2015. P. 201–206.
19. Пажи Д.Т., Галустов В.С. Основы техники распыливания жидкостей. М.: Химия, 1984.
- Pages D.T., Galustov V.S. Fundamentals of liquid spraying techniques. Moscow: Chemistry, 1984 (in Russian).
20. Гусева Т.С. Ударное воздействие струи жидкости на смоченную стенку // Учен. зап. Казан. ун-та. Сер. физ.-матем. науки. 2021. Т. 163, № 2. С. 117–127. <https://doi.org/10.26907/2541-7746.2021.2.117-127>
- Guseva T.S. Impact of a liquid jet on a wetted wall // Uchenye Zapiski Kazanskogo Universiteta. Seriya Fiziko-Matematicheskie Nauki. 2021. V. 163, № 2. P. 117–127. <https://doi.org/10.26907/2541-7746.2021.2.117-127> (in Russian).
21. Гусева Т.С., Аганина А.А. Удар струи по тонкому слою жидкости на стенке // Вестник Башкирского университета. 2016. Т. 21, № 2. С. 245–251. <https://doi.org/10.26907/2541-7746.2021.2.117-127>
- Guseva T.S., Aganina A.A. The impact of a jet on a thin layer of liquid on the wall // Bulletin of the Bashkir University. 2016. V. 21, № 2. P. 245–251. <https://doi.org/10.26907/2541-7746.2021.2.117-127> (in Russian).
22. Патент RU 2 599 004 C1 Эмульсионная рецептура для обеззараживания поверхностей; заявка 2015113000/15. 2015.04.08.
- Patent RU 2 599 004 C1 Emulsion formulation for surface disinfection application; 2015113000/15. 2015.04.08 (in Russian).
23. Патент RU 2 690 356 C1 Бифункциональная рецептура для дегазации и дезинфекции вооружения и военной техники; заявка 2018126077. 2018.07.13.
- Patent RU 2 690 356 C1 Bifunctional recipe for degassing and disinfection of weapons and military equipment, application 2018126077; 2018.07.13 (in Russian).
24. Патент RU 2 548 961 C2 Состав водной пенообразующей рецептуры для дегазации токсичных химикатов; заявка 2011148547/05. 2011.11.29.
- Patent RU 2 548 961 C2 Composition of aqueous foaming formulation for degassing toxic chemicals; application 2011148547/05. 2011.11.29 (in Russian).
25. Патент RU 2013 140 095 A Раствор для дегазации и дезинфекции поверхностей наземной техники и летательных аппаратов; заявка 2013140095/05. 2013.08.29.
- Patent RU 2013 140 095 A Solution for degassing and disinfection of surfaces of ground vehicles and aircraft; application 2013140095/05. 2013.08.29 (in Russian).
26. Решетников В.М., Аржанухин И.О. Поиск оптимального соотношения между компонентами для получения пенной дегазирующей рецептуры // Научные и образовательные проблемы гражданской защиты. 2015. № 3. С. 59–63.
- Reshetnikov V.M., Arzhanukhin I.O. Search for an optimal ratio between components for obtaining a foam degassing formulation // Scientific and educational problems of civil protection. 2015. № 3. P. 59–63 (in Russian).

27. Патент RU 120019 U1 Техническое решение для получения дегазирующих пен при помощи паро-жидкостной установки специальной обработки; заявка 2011148514/05. 2011.11.29.

Patent RU 120019 U1 Technical solution for obtaining degassing foams using a vapor-liquid special treatment unit; application 2011148514/05. 2011.11.29 (in Russian).

28. Патент RU 2 491 111 C2 Состав рецептуры для дегазации летучих токсичных фосфорорганических веществ на поверхностях и в воздухе внутри помещений; заявка 2011148544/04. 2011.11.29.

Patent RU 2 491 111 C2 Composition of the formulation for degassing volatile toxic organophosphorus substances on surfaces and in indoor air; application 2011148544/04. 2011.11.29 (in Russian).

29. Фролов Ю.Г. Курс коллоидной химии. Поверхностные явления и дисперсные системы. М.: Химия, 1988.

Frolov Yu.G. Colloidal chemistry course. Surface phenomena and dispersed systems. // Textbook for universities. Moscow: Chemistry, 1988 (in Russian).

30. Башура Г.С. Большие заслуги маленького аэрозоля. М.: Мир, 2002. 268 с.

Bashura G.S. Great services of a small aerosol.

Moscow: Mir, 2002. 268 p. (in Russian).

31. Райст П. Аэрозоли. Введение в теорию. М.: Мир, 1987.

Raist P. Aerosols. Introduction to the theory. Moscow: Mir, 1987 (in Russian).

32. Дытнерский Ю.И. Процессы и аппараты химической технологии: Учебник для ВУЗов. Ч. 1. Теоретические основы процессов химической технологии. Гидромеханические и тепловые процессы и аппараты. М.: Химия, 2002.

Dytnersky Yu.I. Processes and devices of chemical technology: Textbook for universities. Part 1. Theoretical foundations of chemical technology processes. Hydromechanical and thermal processes and devices. Moscow: Chemistry, 2002 (in Russian).

33. Васильев А.Ю. Сравнение характеристик различных типов форсунок, работающих с использованием воздушного потока // Вестник Самарского государственного аэрокосмического университета. 2007. № 2. С. 54–61.

Vasiliev A.Yu. Comparison of the characteristics of different types of nozzles using air flow // Bulletin of the Samara State Aerospace University. 2007. № 2. P. 54–61 (in Russian).

Об авторах

Федеральное государственное бюджетное учреждение «33 Центральный научно-исследовательский испытательный институт» Министерства обороны Российской Федерации, российская Федерация, 412918, Саратовская область, г. Вольск-18, ул. Краснознаменная, д. 1.

Кузнецов Виталий Владимирович. Старший научный сотрудник, канд. педагог. наук.

Беляков Павел Евгеньевич. Старший научный сотрудник, канд. хим. наук.

Шаров Сергей Андреевич. Начальник научно-исследовательского испытательного отдела, канд. хим. наук.

Никонов Вадим Сергеевич. Ведущий научный сотрудник, канд. техн. наук, доц.

Контактная информация для всех авторов: 33cnii-ito@mil.ru

Контактное лицо: Кузнецов Виталий Владимирович, 33cnii-ito@mil.ru

Modern High-Performance Methods for Special Processing of Arms, Military and Special Equipment

V.V. Kuznetsov, P.E. Belyakov, S.A. Sharov, V.S. Nikonov

Federal State Budgetary Establishment «33 Central Scientific Research Test Institute» of the Ministry of Defense of the Russian Federation. Krasnoznamennaya Street 1, Volsk-18, Saratov Region, 412928, Russian Federation

Received June 16 2020. Revised March 22, 2022. Revised 06 September 2022. Accepted 27 September 2022

Carrying out special treatment is one of the main measures to maintain the combat capability of troops in conditions of chemical and biological contamination or radiation contamination of the area. The *purpose of the work* was to assess the current state of the means of special processing of military equipment and to identify possible ways to improve their effectiveness. The existing means of special processing of military equipment basically meet the requirements, however, in modern conditions they have a number of shortcomings and need to be improved. Thus, aqueous solutions of degassing and

disinfecting substances and organic formulations of special treatment are used with a relatively high consumption rate of up to 4,5 l/m² and 0,6 l/m², respectively, while the treatment time for 1 m² can be 1 minute, which is related as with the physicochemical properties of the solutions and formulations used, as well as with the features of the methods of their application. In addition, technical means of special processing are not intended for processing the internal volumes of military equipment, and preparatory measures require a set of tools. In the course of the analysis, it was found that a decrease in the consumption rate and an increase in the rate of special circulation can be achieved as a result of the use of foam concentrates that give a prolonging effect to aqueous solutions of chemically active substances. Increasing the automation and productivity of special processing of military equipment up to 30–40 units/h can be achieved as a result of the development of an in-line processing method. This method consists in applying degassing formulations to the treated surface in the form of an aerosol-droplet flow using centrifugal nozzles located on a semi-arched movable structure. At the same time, the increase in productivity is primarily achieved as a result of an increase in the simultaneously processed area of the object. Reducing the time for preliminary preparation of objects and increasing the completeness of measures for the special processing of military equipment can be achieved as a result of the development of a multi-stage method of degassing, disinfection and decontamination. The method consists in the successive application of high-pressure water jets and foam-forming or solvent formulations with a given treatment exposure time. In some cases, along with the treatment of external surfaces, it becomes necessary to carry out degassing and disinfection of the internal habitable compartments of military equipment. One of the possible directions for solving this problem is a qualitative expansion of the capabilities of technical means of special treatment as a result of the development of a method for using ultra-small volumes of special treatment formulations in the form of a highly dispersed aerosol. It is advisable to spray solutions of chemically active substances by hydraulic or pneumohydraulic methods, while maintaining the main indicators of the quality of the formulations. The use of the presented means and methods of special treatment will improve the efficiency of ongoing measures for degassing, disinfection and decontamination as a result of increasing productivity, reducing the consumption rate of solutions and formulations of special treatment, increasing process automation and reducing labor intensity.

Keywords: *degassing; recipe; special processing; technical means of special processing; toxic chemical.*

For citation: *Kuznetsov V.V., Belyakov P.E., Sharov S.A., Nikonov V.S. Modern High-Performance Methods for Special Processing of Arms, Military and Special Equipment // Journal of NBC Protection Corps. 2022. V. 6. № 3. P. 271–281. <https://doi.org/10.35825/2587-5728-2022-6-3-271-281>*

Conflict of interest statement

The authors declare that the research was conducted in the absence of any commercial or financial relationship that could be construed as a potential conflict of interest.

Peer review information

The article has been peer reviewed by two experts in the respective field. Peer reviews are available from the Editorial Board and from Russian Science Citation Index database.

Funding. Federal State Budgetary Establishment «33 Central Scientific Research Test Institute» of the Ministry of Defense of the Russian Federation.

References

See P. 278–280.

Authors

Federal State Budgetary Establishment «33 Central Scientific Research Test Institute» of the Ministry of Defense of the Russian Federation. Krasnoznamennaya Street 1, Volsk-18, Saratov Region, 412928, Russian Federation.

Vitaly Vladimirovich Kuznetsov. Senior Researcher, Candidate of Pedagogical Sciences.

Pavel Evgenievich Belyakov. Senior Researcher, Candidate of Chemical Sciences.

Sergey Andreevich Sharov. Head of the Scientific Department, Candidate of Chemical Sciences.

Vadim Sergeevich Nikonov. Leading Researcher, Candidate of Technical Sciences.

Contact information for all authors: 33cnii-ito@mil.ru

Contact person: Vitaly Vladimirovich Kuznetsov; 33cnii-ito@mil.ru

Источники ионизирующих излучений, применяемые в современных и перспективных приборах РХБ разведки (лекция)

© КОЛЛЕКТИВ АВТОРОВ, 2022

УДК 613.169.16:623.454.86

<https://doi.org/10.35825/2587-5728-2022-6-3-282-294>

Э.В. Васильковский, А.В. Дикун, И.Г. Васюкевич

Федеральное государственное казенное военное образовательное учреждение высшего образования «Военная академия радиационной, химической и биологической защиты имени Маршала Советского Союза С.К. Тимошенко»
Министерства обороны Российской Федерации, 156015, Российская Федерация,
г. Кострома, ул. Горького, д. 16

Поступила 25.06.2022 г. Принята к публикации 27.09.2022 г.

Лекция предназначена для подготовки слушателей, обучающихся по дополнительной профессиональной программе повышения квалификации военных специалистов радиационной безопасности для всех родов войск Вооруженных Сил Российской Федерации, а также для подготовки должностных лиц, отвечающих за организацию и обеспечение радиационной безопасности в воинских частях и организациях Министерства обороны Российской Федерации.

В лекции рассмотрены три учебных вопроса:

1. Учет и контроль радиационных источников в системе государственного учета и контроля РВ и РАО.
2. Общие требования при эксплуатации радиационных источников.
3. Эксплуатация закрытых радионуклидных источников в составе технических средств РХБ разведки и контроля.

Ключевые слова: источники ионизирующих излучений; измерители мощности дозы; закрытые радионуклидные источники; радиационная безопасность; радиационные источники; минимально значимая активность.

Библиографическое описание: Васильковский Э.В., Дикун А.В., Васюкевич И.Г. Источники ионизирующих излучений, применяемые в современных и перспективных приборах РХБ разведки (лекция) // Вестник войск РХБ защиты. 2022. Т. 6. № 3. С. 282–294. <https://doi.org/10.35825/2587-5728-2022-6-3-282-294>

Введение

Для обеспечения безопасности радиационных источников (РИ)¹ и сохранности радиоактивных материалов (РМ) в масштабах всего государства большое значение имеет создание единого национального перечня значимых РИ и количеств РМ, находящихся в России. По поручению Правительства Российской Федерации в нашей стране создана система государственного учета и контроля радиоактивных

веществ (РВ) и радиоактивных отходов (РАО) для решения одной из приоритетных задач в области обеспечения безопасности при использовании атомной энергии.

В целях реализации постановления Правительства Российской Федерации от 15 июня 2016 г. № 542 «О порядке системы государственного учета и контроля радиоактивных веществ и радиоактивных отходов»² и «Положения об организации системы государственного

¹ Радиационные источники – не относящиеся к ядерным установкам комплексы, установки, аппараты, оборудование и изделия, в которых содержатся радиоактивные вещества или генерируется ионизирующее излучение (Ст. 3 Федерального закона от 21.11.1995 № 170-ФЗ (ред. от 30.04.2021) «Об использовании атомной энергии»).

² Постановление Правительства Российской Федерации от 15.06.2016 № 542 «О порядке организации системы государственного учета и контроля радиоактивных веществ и радиоактивных отходов» // URL: <http://publication.pravo.gov.ru/Document/View/0001201606200014?ysclid=167kbyjohb164677343> (дата обращения 12.06.2022).

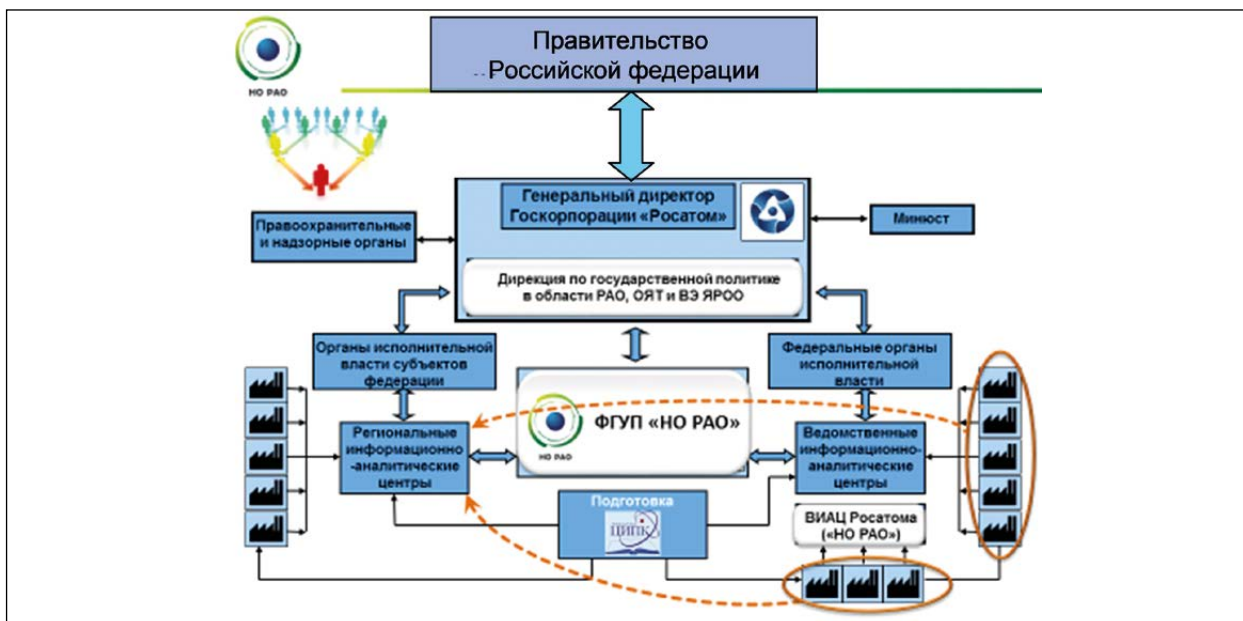


Рисунок 1 – Организационно-функциональная схема системы государственного учета и контроля РВ и РАО (URL: <http://1073.testartwell.ru/upload/4433434.png>; дата обращения: 17.06.2022)

учета и контроля радиоактивных веществ и радиоактивных отходов в Российской Федерации»³ вступил в силу Приказ МО РФ № 570 от 16.09.2016 года «О функционировании системы государственного учета и контроля радиоактивных веществ и радиоактивных отходов в Вооруженных Силах Российской Федерации»⁴, контроль за выполнением которого возложен на УНВ РХБ защиты ВС РФ.

Правовым основанием для создания системы учета и контроля служит ст. 22 Федерального закона «Об использовании атомной энергии»⁵, в соответствии с которой РВ и РАО подлежат государственному учету и контролю, осуществляемому на федеральном, региональном и ведомственном уровнях в системе государственного учета и контроля РВ и РАО.

На Федеральную службу по экологическому, технологическому и атомному надзору и его территориальные органы, в соответствии с компетенцией, установленной ст. 25 упомянутого закона, а также Положением о Федеральной службе по экологическому, технологическому и атомному надзору, утвержденным

постановлением Правительства Российской Федерации от 30 июля 2004 г. № 401⁶, возложен надзор за системой учета и контроля.

1. Учет и контроль радиационных источников в системе государственного учета и контроля РВ и РАО

Государственный учет и контроль РВ и РАО охватывает операции обращения с РВ и РАО, которые связаны с определением их наличного количества, объема, активности, радионуклидного состава, изменением их состояния (например, образованием РАО) и/или количества, либо с изменением их местоположения (изменение организации-владельца и/или организации-пользователя).

Следует заметить, что государственный учет и контроль не распространяется на такие этапы обращения с РВ и РАО, как их перемещение в пределах территориально обособленного подразделения организации, не определяет порядок их использования, хранения и т.д.

К настоящему времени в результате развития нормативной и правовой базы орга-

³ «Положение об организации системы государственного учета и контроля радиоактивных веществ и радиоактивных отходов» (утв. постановлением Правительства РФ от 15 июня 2016 г. N 542) // https://base.garant.ru/71425390/#block_1000 (дата обращения: 12.06.2022).

⁴ Приказ МО РФ «О функционировании системы государственного учета и контроля радиоактивных веществ и радиоактивных отходов в Вооруженных силах Российской Федерации» № 570 от 16.09.2016 г.

⁵ «Об использовании атомной энергии». Федер. Закон Рос. Федерации от 21 ноября 1995 г. № 170-ФЗ: принят Гос. Думой Федер. Собр. Рос. Федерации 20 октября 1995 г. // Рос. газ. 1995. 28 ноября. // <https://base.garant.ru/10105506/?ysclid=l67kw1z55r344505706> (дата обращения: 12.06.2022).

⁶ «Положение о Федеральной службе по экологическому, технологическому и атомному надзору» (утв. постановлением Правительства РФ от 30 июля 2004 г. N 401) // https://base.garant.ru/12136495/#block_1000 (дата обращения: 12.06.2022).

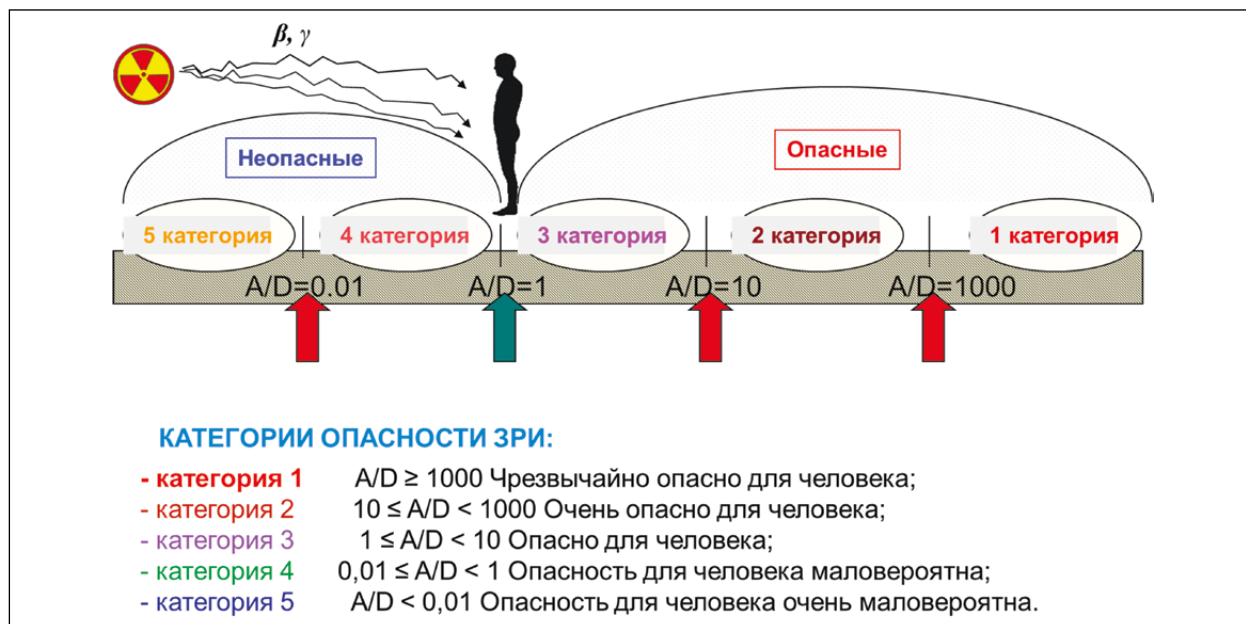


Рисунок 2 – Схема категорирования закрытых радионуклидных источников.

Критерием отнесения конкретного ЗРИ к одной из установленных категорий опасности ЗРИ служит безразмерная величина, называемая A/D -отношением. Значение A/D -отношения вычисляется путем деления активности A материнского радионуклида ЗРИ на соответствующее значение D -величины для данного радионуклида. Подробнее см. Методика категорирования закрытых радионуклидных источников по потенциальной радиационной опасности)

низационно-функциональная схема системы государственного учета и контроля РВ и РАО включает в себя органы управления системой трех уровней – федерального (Госкорпорация «Росатом»), регионального (органы исполнительной власти субъектов Российской Федерации) и ведомственного (федеральные органы исполнительной власти). Госкорпорация «Росатом» в рамках системы выполняет функции органа управления как на федеральном уровне, так и на ведомственном, и приобрела следующий облик (рисунок 1).

Функциональная составляющая этой системы направлена на соблюдение основных ее принципов – непрерывности учета и контроля, а также дифференцированного подхода к определению его процедур.

Дифференциальный подход к категорированию ЗРИ основан на концепции «опасного источника»⁷, согласно которой система катего-

рирования закрытых радионуклидных источников базируется на их потенциальной опасности быть причиной детерминированных эффектов для здоровья человека и, обобщенно говоря, делит такие источники ионизирующего излучения на две большие группы: «опасные» и «неопасные» (рисунок 2).

Критерием отнесения конкретного ЗРИ к одной из установленных категорий опасности ЗРИ служит безразмерная величина, называемая A/D -отношением. Значение A/D -отношения вычисляется путем деления активности A материнского радионуклида ЗРИ на соответствующее значение D -величины для данного радионуклида (подробнее см. Методика категорирования закрытых радионуклидных источников по потенциальной радиационной опасности).

Таким образом, происходит разделение закрытых радионуклидных источников на

⁷ Понятие «опасного» источника преобразовано в операционные параметры путем вычисления такого количества радиоактивного вещества (в единицах активности) для отдельных радионуклидов, названного D -величиной, которое может приводить к тяжелым детерминированным эффектам для набора наиболее типичных сценариев и путей облучения. См. Методика категорирования закрытых радионуклидных источников по потенциальной радиационной опасности. РВ-042-07. Утверждена Постановлением Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору от 27 декабря 2007 г. № 6. Введена в действие с 01 марта 2008 г. <https://sudact.ru/law/postanovlenie-rostekhnadzora-ot-27122007-n-6-ob/metodika-kategorirovaniia-zakrytykh-radionuklidnykh-istochnikov/2/2.1/?ysclid=167m1e6co1245503814> (дата обращения: 11.06.2022).

См. также «Основные правила учета и контроля радиоактивных веществ и радиоактивных отходов в организации НП-067-16». Утв. Федеральной службой по экологическому, технологическому и атомному надзору от 28.11.2016 № 503 : введ. в действие с 02.01.2017 г. URL: <https://base.garant.ru/71571962/?ysclid=167lv9eqdh126033341> (дата обращения: 12.06.2022).

две большие группы: лицензируемые (1–3 категорий опасности) и не лицензируемые (4–5 категорий опасности), что в свое время нашло свое отражение в Федеральных законах и нормативно-правовых актах.

В соответствии с принятым в 2011 г. Федеральным законом № 347-ФЗ⁸, появился новый порядок регулирования деятельности с использованием радиационных источников.

В соответствии с изменениями № 1 ОСПОРБ-99/2010⁹, в 2013 г. был введен термин «Минимально лицензируемая активность радионуклида» (МЛА) и соответствующее приложение¹⁰.

Таким образом, внедрение методологии категорирования радиационных источников освободило эксплуатирующие организации от необходимости проведения прямых инструментальных измерений или применения сложных теоретических (расчетных) методов с целью принятия решения о необходимости лицензирования и в соответствии с рекомендациями РБ-064-20¹¹ позволяет определять достаточные организационные и технические меры по обеспечению безопасности и сохранности радионуклидных источников при хранении (эксплуатации).

2. Общие требования при эксплуатации радиационных источников

К эксплуатации источников ионизирующего излучения (ИИИ) предъявляются требования. Так, техногенные ИИИ и радиоактивные отходы подлежат обязательному контролю и учету, а обращение с ними допускается только при наличии санитарно-эпидемиологического заключения о соответствии условий работы с ними санитарным правилам.

Обращение с радиационными источниками при любых условиях должно быть безопасным. Безопасность РИ обеспечивается

соблюдением требований нормативных правовых актов в области использования атомной энергии при проектировании, конструировании и изготовлении оборудования, размещении, сооружении и эксплуатации РИ, а также формированием и поддержанием культуры безопасности, учетом опыта эксплуатации и современного уровня развития науки, техники и производства.

Одним из элементов безопасности радиационных источников в воинской части (организации) является организация физической защиты. Она основана на применении системы физических барьеров на пути распространения ионизирующего излучения и радионуклидов в окружающую среду и включает систему организационных мероприятий и технических решений по защите физических барьеров и сохранению их эффективности, а также по защите персонала, населения и окружающей среды.

Воинская часть (организация), являющаяся юридическим лицом и эксплуатирующая РИ категорий потенциальной радиационной опасности 1, 2, 3, должна иметь лицензию на право ведения работ в области использования атомной энергии, а при эксплуатации РИ 4–5 категорий потенциальной радиационной опасности – пройти регистрацию в Межрегиональном территориальном управлении по надзору за ядерной и радиационной безопасностью Ростехнадзора.

Эксплуатация радиационных источников (т.е. самих приборов – измерителей мощности дозы, сигнализаторов радиационной, химической и биологической разведки и контроля) в воинской части (организации), как и использование ЗРИ в РИ, допускается только в течение назначенного (проектного) срока эксплуатации или продленного срока эксплуатации сверх на-

⁸ «О внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации в целях регулирования безопасности в области использования атомной энергии». Федер. закон Рос. Федерации от 22 ноября 2011 г. № 347-ФЗ: принят Гос. Думой Федер. Собр. Рос. Федерации 25 ноября 2011 г. // Рос. газ. 2011. 7 декабря // <http://publication.pravo.gov.ru/Document/View/0001201112010003#:~:text=%D0%A4%D0%B5%D0%B4%D0%B5%D1%80%D0%B0%D0%BB%D1%8C%D0%BD%D1%8B%D0%B9%20%D0%B7%D0%B0%D0%BA%D0%BE%D0%BD%20%D0%BE%D1%82%2030.11.2011%20%E2%84%96,%D0%B0%D1%82%D0%BE%D0%BC%D0%BD%D0%BE%D0%B9%20%D1%8D%D0%BD%D0%B5%D1%80%D0%B3%D0%B8%D0%B8%22.%20%D0%94%D0%B0%D1%82%D0%B0%20%D0%BE%D0%BF%D1%83%D0%B1%D0%BB%D0%B8%D0%BA%D0%BE%D0%B2%D0%B0%D0%BD%D0%B8%D1%8F%3A%2001.12.2011>

⁹ «Основные санитарные правила обеспечения радиационной безопасности (ОСПОРБ-99/2010)». Санитарные правила и нормативы: СП 2.6.1.2612-10 : утв. и введ. в действие постановлением Гл. гос. сан. врача РФ от 26.04.2010 № 40 // Рос. газ. 2010. 17 сентября. https://orfi.ru/files/doc/uchcenter/osporb_2612612-10.pdf?ysclid=l67n2cm3a8801593731 (дата обращения: 08.06.2022).

¹⁰ Приложение 6 «Активности радионуклидов в закрытых радионуклидных источниках, при превышении которых на обращение с источником необходима лицензия (минимально лицензируемая активность)».

¹¹ «Рекомендации по составу и содержанию отчета по обоснованию безопасности радиационных источников РБ-064-20». Утв. Федеральной службой по экологическому, технологическому и атомному надзору от 6.08.2020 № 294 : введ. в действие с 06.08.2020 г. М. 23 с. // <https://sudact.ru/law/prikaz-rostekhnadzora-ot-06082020-n-294-ob/rb-064-20/?ysclid=l67n96bf87470148682> (дата обращения: 12.06.2022).

значенного (проектного) срока эксплуатации РИ (ЗРИ)¹².

Закрытые радионуклидные источники ионизирующего излучения, временно не используемые по назначению, должны храниться в специально отведенных местах или в оборудованных хранилищах (помещениях), обеспечивающих их сохранность и исключающих доступ к ним посторонних лиц. Суммарная активность ЗРИ и (или) РВ, находящихся в хранилище, не должна превышать установленных в технической (эксплуатационной) документации допустимых значений.

Для уменьшения фона в хранилище ИИИ упаковки с источниками (контейнеры и др.) размещаются в колодцах, сейфах или нишах из кирпича. Устройства для хранения ИИИ (ниши, колодцы, сейфы) должны быть сконструированы так, чтобы при загрузке или извлечении отдельных ИИИ персонал не подвергался облучению от остальных источников ионизирующего излучения.

Мобильные РИ¹³ должны храниться в специально оборудованных для этого помещениях (или выделенных местах) хранения.

Для каждого помещения (или выделенного места) хранения должна быть составлена схема размещения в них мобильных РИ. Схема размещения должна входить в состав проектной и (или) технической (эксплуатационной) документации на РИ. Копия схемы размещения должна быть расположена на видном месте (например, на стене (двери) помещения для хранения или ограждающей конструкции выделенного места для хранения).

При работе с мобильными РИ вне территории воинской части (организации), их эксплуатирующей, должны быть организованы временные места хранения¹⁴.

Помещения хранения, выделенные места хранения или границы временного места хранения должны быть обозначены знаком радиационной опасности.

Контрольные ЗРИ хранятся в сейфах или металлических шкафах, имеющих четкую маркировку (таблицу) с указанием наименования хранимого ИИИ, его типа, заводского номера и активности. Стены сейфов и шкафов при необходимости устилаются свинцовыми (металлическими) листами.

Встроенные контрольные ИИИ, входящие в состав приборов, хранятся в составе приборов. При хранении на общих (объединенных) складах приборы с ИИИ должны сосредотачиваться в одном месте (помещении) удаленно и отдельно от других В и С РХБЗ.

До начала работ в хранилище необходимо организовать радиационный контроль (контроль облучения личного состава и оперативный контроль).

3. Эксплуатация закрытых радионуклидных источников в составе технических средств РХБ разведки и контроля

Практически все эксплуатирующиеся в Вооруженных Силах Российской Федерации ИИИ являются источниками ионизирующего излучения закрытого типа и входят в состав приборов радиационной, химической и биологической разведки, радиационного и химического контроля. Эти ЗРИ можно разделить на четыре группы источников по типу ионизирующего излучения: альфа-, бета-, гамма- и нейтронные источники. Каждая группа подразделяется на две подгруппы, имеющие в своем составе встроенные и (или) входящие в комплектацию контрольные источники ионизирующего излучения.

Первая группа – альфа-источники, входящие в состав технических средств радиационной, химической и биологической разведки и контроля:

- встроенные в приборы: ИМД-21Б (БА, С, СА, СА-Р), ПРХР, ПКУЗ-1 (1А), ГСА-3, КП-РХ, ГСА-14;

- входящие в комплектацию приборов: ИМД-12, МКС-02СМ, РКС-02С1.

Вторая группа – бета-источники, входящие в состав технических средств радиационной, химической и биологической разведки и контроля:

- встроенные в приборы: ИМД-2 (Б, Н, С, НМ), ИМД-21Б, ИМД-22 (БА, СА), ИМД-12, МКС-02СМ, ГСА-5, КПХР-3 (ГС);

- входящие в комплектацию приборов: ИМД-2НМ, ИМД-12, БГСП, МКС-02СМ, РКС-02С1, АСП.

Третья группа – гамма-источники, входящие в состав технических средств радиаци-

¹² «Общие положения обеспечения безопасности радиационных источников НП-038-16» Утв. Федеральной службой по экологическому, технологическому и атомному надзору от 28.09.2016 № 405: введ. в действие с 05.11.2016. Доступ из официального интернет-портала правовой информации. URL: <https://www.pravo.gov.ru> (дата обращения: 05.05.2022).

¹³ Мобильный радиационный источник – радиационный источник, конструкция и масса составных блоков (частей) которого позволяют перемещать его к месту проведения работ.

¹⁴ При создании временных хранилищ ИИИ вне территории организации или воинской части (в полевых условиях) необходимо иметь санитарно-эпидемиологическое заключение органов ЦГСЭН на соответствие условий работы санитарным правилам.



Рисунок 3 – Контрольный источник типа «Бленкер» Т-15, размещенный внутри блока детектирования приборов ИМД-21Б (БА, С, СА, СА-Р), ИМД-22 (БА, СА) (URL: <http://im13.rhbz.org/albums/userpics/10001/cfSwXNQDF8.jpg>, <http://im13.rhbz.org/albums/userpics/10001/xqxlG6mmUHU.jpg>; дата обращения: 17.06.2022)

онной, химической и биологической разведки и контроля:

- входящие в комплектацию приборов: ИМД-24, БГСП.

Четвертая группа – нейтронные источники, входящие в состав технических средств радиационной, химической и биологической разведки и контроля:

- входящие в комплектацию приборов: КРПИ.

Для проверки работоспособности приборов РХБ разведки и контроля используются встроенные в образец закрытые радионуклидные источники.

Наиболее часто используемыми являются контрольные источники альфа-излучения с радионуклидом ^{239}Pu типа Т-15 и начальной активностью $1,1 \times 10^5$ Бк, а также бета-излучения с радионуклидами $^{90}\text{Sr} + ^{90}\text{Y}$ типа Т-21, ИСО-325, ИСО-134 с начальной активностью $3,3 \times 10^3$ Бк, $3,2 \times 10^5$ Бк и $1,16 \times 10^4$ Бк соответственно.

Контрольный источник типа «Бленкер» Т-15 конструктивно выполнен в виде латунного цилиндра высотой 15 и диаметром 22 мм, в который вставлена управляемая заслонка, состоящая из диска с отверстием и поворачивающейся лепестковой подложки. На лепестки подложки нанесены слой радиоактивного материала и защитное покрытие. В исходном состоянии лепестки экранированы диском. При подаче электрического сигнала «Контроль» подложка поворачивается и лепестки занимают положение напротив отверстий в диске. При этом открывается выход частицам ионизирующего излучения. Контрольные ЗРИ с плутониевым альфа-источником типа Т-15 с вмонтированным внутри блока детектирования источником используются в измерителе

ИМД-21 разных модификаций, ИМД-22 (БА, СА) и малогабаритном приборном комплексе управления и контроля для системы защиты танков, БМП и базовых шасси от ОМП ПКУЗ-1 (1А). «Бленкер» Т-15 размещен в резиновой манжете на торцевой части ионизационной камеры в блоке детектирования и обработки информации (рисунок 3).

Контрольный источник типа Т-21 представляет собой подложку (8×5 мм) из нержавеющей стали, на которую нанесены слои радиоактивного материала и защитного покрытия. Источник используется для контроля работоспособности измерителей мощности дозы гамма-излучения ИМД-2 (С, Б, Н, НМ). Подложка с РМ размещена в пенале детекторов (СИ-ЗБГ, СИ-38Г), которые находятся в измерительном пульте прибора.

Закрытый радионуклидный источник этого типа используется внутри блока детектирования ИМД-12-2 (ИМД-13-2) измерителя ионизирующих излучений универсального ИМД-12 (13) (рисунок 4).

В состав дозиметра-радиометра МКС-02СМ входят два контрольных источника ионизирующего излучения типа Т-21, вмонтированные один – внутри измерительного пульта, другой – в блок детектирования БДЗС-02С1 (детекторы СИ-ЗБГ, СИ-38Г).

Закрытый радионуклидный источник типа АИП-РИГ (рисунок 5) входит в состав узла ионизационного газосигнализатора автоматического ГСА-14, а также в комплект приборов радиационной и химической разведки ПРХР и ПКУЗ-1 (-1А). Контрольный альфа-источник с радионуклидом ^{239}Pu имеет начальную активность $4,1 \times 10^7$ Бк.

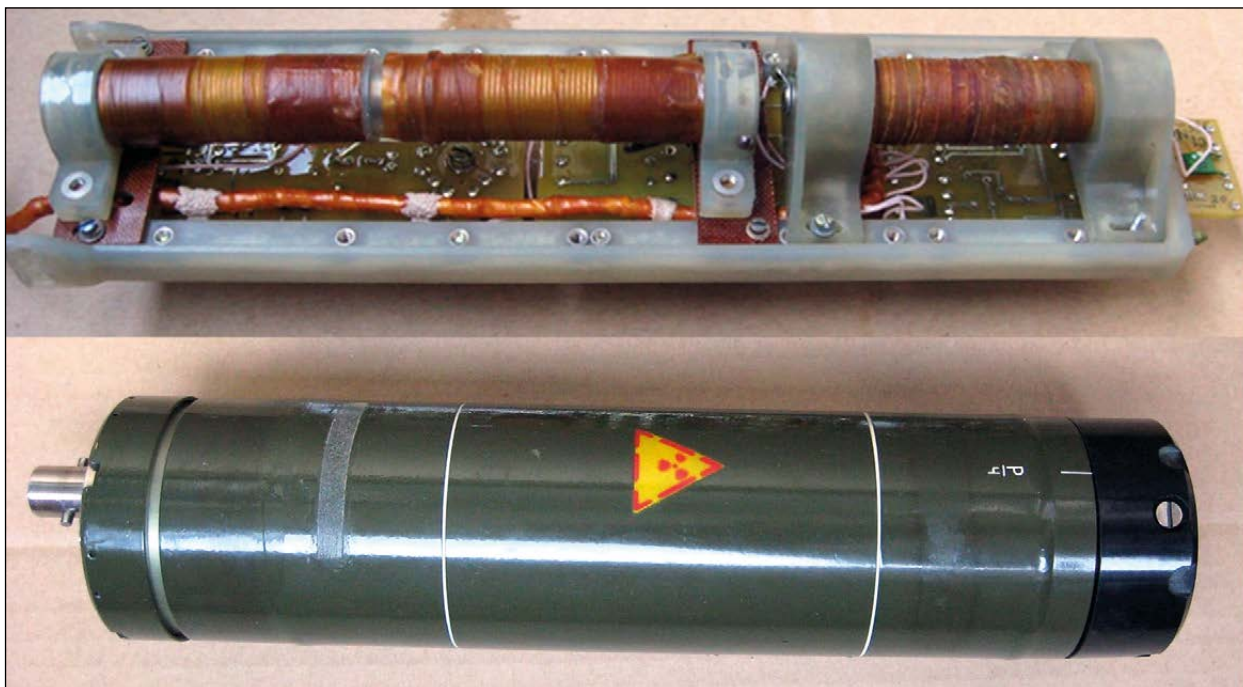


Рисунок 4 – Внутренний объем пенала блока детектирования измерителей ИМД-12 (13) (URL: http://im13.rhbz.org/albums/userpics/10073/thumb_imd-12__15.jpg, http://im13.rhbz.org/albums/userpics/10073/imd-12__13.jpg; дата обращения: 17.06.2022)

С целью обнаружения в воздухе паров отравляющих веществ применяется газосигнализатор войсковой автоматический ГСА-3, имеющий источник альфа-излучения «Альфа» с радионуклидом ^{238}Pu активностью $9,2 \times 10^7$ Бк, который установлен в ионизационном преобразователе концентрации блока индикации. Газосигнализатор входит в состав комплекта приборов для войскового оповещения о радиационном и химическом заражении КП-РХ.

В технических средствах химической разведки, принцип действия которых основан на

использовании метода спектрометрии ионной подвижности, применяются бета-источники на основе радионуклида ^{63}Ni .

Примером такого использования является газосигнализатор ГСА-5, который оснащен источником бета-излучения типа ВNi3.С3.4.Р на основе радионуклида ^{63}Ni активностью $9,99 \times 10^8$ Бк. В рассматриваемом образце входящий в его состав ЗРИ располагается в ионно-дрейфовой трубке и представляет собой пластину из фольги размером 30×10 мм, заправленную в полость реактора и свернутую в цилиндр активной поверхностью вовнутрь. Для обеспечения прилегания источника к внутренней поверхности реактора и исключения его смещения источник расперт пружиной.

В состав другого комплекта приборов химической разведки КПХР-3 входит один никелевый бета-источник типа ИБИРЗН-63-Па (ВNi3.С3.2) с активностью того же порядка, равной $6,0 \times 10^8$ Бк, и используется для ионизации поступающего воздуха в ионно-дрейфовой трубке. Источник представляет собой пластину, на рабочую поверхность которой нанесен радионуклид, закрытый герметизирующим слоем стабильного никеля. Нерабочая поверхность помечена знаком «v».

В конце прошлого столетия наибольшее применение в войсках получили источники альфа-излучения типа «П9» на основе радионуклида ^{239}Pu , источники бета-излучения типа «СО» и БИС-МНА на основе радионуклидов

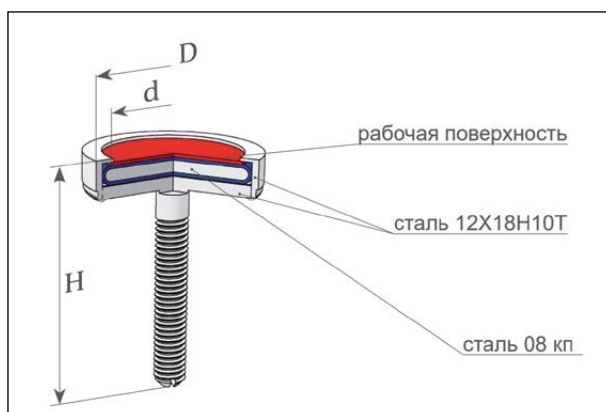


Рисунок 5 – Контрольный источник типа АИП-РИГ (каталог продукции ФГУП «Производственное объединение «Маяк», URL: <https://www.potayak.ru/upload/iblock/7cd/7cd0794a88683e306aеcc4065d0dc3d.pdf>; дата обращения: 17.06.2022)



Рисунок 6 – Источник типа 1П9-103 [1]

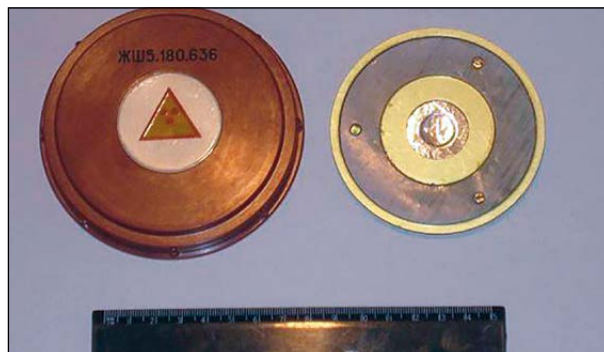


Рисунок 7 – Контрольный источник типа 1СО-325, входящий в состав ИМД-12 (13) [1]

$^{90}\text{Sr} + ^{90}\text{Y}$. Этими ЗРИ комплектуются радиационные источники с целью проверки их работоспособности и калибровки.

Для контроля блоков детектирования БД-ЗС-01С и БДЗС-02С1 дозиметра-радиометра МКС-02СМ служат два ЗРИ: источник альфа-излучения типа 1П9-104 с радионуклидом ^{239}Pu активностью $1,06 \times 10^4$ Бк и бета-излучения типа 1СО-134 с радионуклидом $^{90}\text{Sr} + ^{90}\text{Y}$ активностью $1,16 \times 10^4$ Бк соответственно.

В состав радиометра РКС-02С1 входят три ЗРИ: один – альфа-излучения типа 4П9-103 с радионуклидом ^{239}Pu (активность $1,06 \times 10^3$ Бк), и два бета-излучения: типа 4СО-213 с радионуклидом $^{90}\text{Sr} + ^{90}\text{Y}$ (активность $1,87 \times 10^3$ Бк) и типа 4СО-805 с радионуклидом $^{90}\text{Sr} + ^{90}\text{Y}$ (активность $9,0 \times 10^5$ Бк).

Источники типов «П9» и «СО» представляют собой металлические подложки с углублением, в котором нанесен и зафиксирован радиоактивный препарат с соответствующим радионуклидом: ^{239}Pu , ^{234}U , ^{238}U (природный) – для источников альфа-излучения и $^{90}\text{Sr} + ^{90}\text{Y}$ – для источников бета-излучения (рисунки 6 и 7).

Подложки для источников альфа-излучения изготавливаются из нержавеющей стали, а для бета-источников – из алюминия или его сплавов.

Радиоактивный материал имеет защитное покрытие:

- для источников альфа-излучения – в виде окисной пленки металлов;

- для источников бета-излучения – в виде алюминиевой фольги толщиной около 0,05 мм.

В конце восьмидесятых годов прошлого столетия широко использовались автоматические сигнализаторы для обнаружения аэрозолей специальных примесей (АСП). Для настройки чувствительности сигнализатора применялся источник бета-излучения БИС-МНА-1 с радионуклидами в составе радиоизотопного градуировочного источника света эталонного (РГИС ЭТ) с максимальной активностью $1,85 \times 10^8$ Бк (рисунком 8). Источники ионизирующего излучения такого типа представляют собой капсулу с активной частью в виде гранулы боросиликатного стекла, цеолита, насыщенной радионуклидами $^{90}\text{Sr} + ^{90}\text{Y}$.

Для калибровки (градуировки) γ -спектрометрической аппаратуры и радиометров в диапазоне энергии 59,6–2700 кэВ, а также экспертной оценки в полевых условиях и лабораторного анализа радионуклидного состава, идентификации отдельных радионуклидов, определения их радио- и спектрометрических характеристик, возраста продуктов ядерного



Рисунок 8 – Радиоизотопный градуировочный источник света (с защитным кожухом) (фотография авторов)

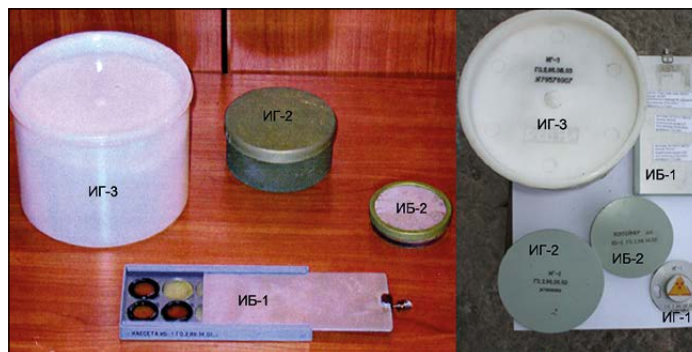


Рисунок 9 – Контрольные источники, входящие в комплект спектрометра БГСП (фотография авторов)

Таблица 1 – Характеристики контрольных источников, входящих в комплект спектрометра БГСП [1]

Наименование комплекта	Наименование и тип источника	Радионуклид	Активность или удельная активность (по паспорту)
Комплект контрольных источников бета-спектрометра (КИБ)	Контрольный источник ИБ-1 ОСГИ-3-1-Цз7-2р	^{137}Cs	8,95 кБк
	Контрольный источник ИБ-1 ОСГИ-3-1-Ви7-2р	^{207}Bi	17,2 кБк
	Контрольный источник ИБ-1 ОСГИ-3-1-Сц0-2р	$^{90}\text{Sr} + ^{90}\text{Y}$	8,08 кБк
Комплект контрольных источников гамма-спектрометра (КИГ)	Контрольный источник ИБ-2 (смесь радионуклидов, загерметизированных в кювете «дента» m=100 г)	^{40}K	6,2 Бк/г
		$^{90}\text{Sr} + ^{90}\text{Y}$	14,8 Бк/г
		^{137}Cs	19,2 Бк/г
		^{226}Ra	2,4 Бк/г
	Контрольный источник ИГ-1 ОСГИ-3-1-Цз7-2р	^{137}Cs	8,75 кБк
	Контрольный источник ИГ-2 (смесь радионуклидов, загерметизированных в кювете «дента» m=100 г)	^{40}K	2,6 кБк
		^{60}Co	1,7 кБк
		^{137}Cs	1,74 кБк
		^{226}Ra	0,42 кБк
		^{232}Th	0,3 кБк
	Контрольный источник ИГ-3 (смесь радионуклидов, загерметизированных в кювете «Маринелли» V=1 л)	^{40}K	2,54 кБк
		^{60}Co	1,7 кБк
		^{137}Cs	1,3 кБк
^{226}Ra		0,43 кБк	
^{232}Th		0,3 кБк	

взрыва в воинских частях (организациях) применяются комплекты образцовых спектрометрических источников гамма-излучения типа «ОСГИ». Примером использования ЗРИ такого типа является полевой бета-гамма спектрометр БГСП. В состав спектрометра входят семь контрольных источников, хранящихся отдельно от прибора в специализированных пеналах (рисунки 9). Характеристики этих источников приведены в таблице 1.

В комплект входят источники на основе ряда радионуклидов, имеющих отличные величины испускаемых гамма-квантов, что позволяет откалибровать спектрометрическую аппаратуру во всем диапазоне измеряемых величин энергетического спектра.

Каждый источник типа ОСГИ выполнен в виде зажатого в кольцевой обойме диска из двух полиимидных пленок, между которыми в центре нанесено и загерметизировано радиоактивное вещество. Толщина каждой пленки (50 ± 10) мкм.

Источник ИГ-3 представляет собой механическую гомогенную смесь наполнителя с об-

разцовыми уран-радиевыми и ториевыми рудами, солью калия (KCl) и наполнителя массой 1,26 кг (ионообменная смола, кварцевый песок), пропитанного образцовыми растворами радионуклидов ^{137}Cs и ^{60}Co . Источник размещен в герметичном пластиковом сосуде Маринелли¹⁵, имеющем объем рабочей части источника 1 л.

Источник ИГ-2 представляет собой механическую гомогенную смесь наполнителя с образцовыми уран-радиевыми и ториевыми рудами, солью калия (KCl) и наполнителя массой 0,31 кг (ионообменная смола, кварцевый песок), пропитанного образцовыми растворами радионуклидов ^{137}Cs и ^{60}Co . Источник размещен в герметичном дюралюминиевом сосуде. Объем рабочей части источника – 0,25 л.

Источник ИБ-2 представляет собой механическую гомогенную смесь эпоксидного компаунда, соли калия (KCl) и наполнителя массой 0,364 кг (ионообменная смола), пропитанного образцовыми растворами радионуклидов ^{137}Cs и ^{90}Sr . Источник размещен в герметичном дюралюминиевом сосуде, имеющем объем рабочей части источника 38 мл.

¹⁵ Сосуд Маринелли – специальная пластиковая емкость с крышкой особой цилиндрической формы, предназначенная для размещения в ней порций (проб) исследуемых объектов, в первую очередь – продуктов питания (в сыпучем или жидком виде), и для последующего измерения радиометром или спектрометром активности радиационного излучения, исходящего от этих проб. Обычно емкость такого сосуда 0,5 л.

С целью обнаружения радиоактивно загрязненных участков местности, объектов и локальных источников гамма-излучения, измерения мощности дозы и дозы гамма-излучения, измерения дифференциальных потоков и определения углового распределения гамма-излучения используется измеритель мощности дозы и дифференциальных потоков гамма-излучения ИМД-24. В состав комплекта КИГИ (рисунок 10) этого измерителя входит обойма с установленным в нее контрольным источником гамма-излучения типа «Кактус-Р 1/8» (угол коллимации 100°) и контейнер, состоящий из корпуса и крышки. Закрытый источник «Кактус-Р 1/8» изготовлен на основе изотопа ^{137}Cs активностью не более 350 кБк.

Для поверки приборов РХБ разведки и дозиметрического контроля по гамма-излучению в стационарных условиях, а также в составе ПРМ-ПК служит установка поверочная дозиметрическая УПД «Интер-М», в которую входит гамма-радионуклидный источник ГИД-Ц-4-1 на основе ^{137}Cs активностью $1,44 \times 10^{12}$ Бк (рисунок 11). Данная установка комплектуется рядом альфа- и бета-источников на основе ^{239}Pu , типа: 1П9-634 (активность $7,8 \times 10^4$ Бк), 1П9-632 (активность $5,3 \times 10^2$ Бк), 1П9-633 (активность $7,5 \times 10^5$ Бк) и на основе $^{90}\text{Sr}+^{90}\text{Y}$, типа: 5СО-536 (активность $4,6 \times 10^6$ Бк), 5СО-325 (активность $2,95 \times 10^5$ Бк), 1СО-324 (активность $2,8 \times 10^4$ Бк), 1СО-323 (активность $3,29 \times 10^3$ Бк), 5СО-217 (активность $2,13 \times 10^7$ Бк).

Другой установкой для поверки и восстановления градуировки дозиметрических приборов по гамма-излучению в полевых и стационарных условиях является градуировочное оборудование типа СО-6. Источники (таблица 2) в составе этого оборудования постав-



Рисунок 10 – Комплект контрольного источника гамма-излучения КИГИ (фотография авторов)

ляются, хранятся и используются в контейнерах:

- контейнер большой в ящике ($406 \times 347 \times 281$ мм) – для ГСs 7.021.6 (с источником ИГИ-Ц-4-6);
- контейнер малый в ящике ($406 \times 301 \times 281$ мм) – для ГСs 7.012.11 (с источником ИГИ-Ц-3-11) и ГСs 7.012.5 (с источником ИГИ-Ц-3-5).

Заключение

Входящие в состав образцов технических средств радиационной, химической и биологической разведки и контроля гамма-источники из состава градуировочного оборудования – такие, как ИГИ-Ц-4-6 ГИД-Ц-4-1, относятся к лицензируемым. Активность ^{137}Cs в этих ЗРИ превышает минимально лицензируемое значение для этого радионуклида, равное 0,1 ТБк.

Следовательно, для эксплуатации такого типа ЗРИ (включая поставку, ввод и т.д.), помимо оформления лицензии, необходима организация их хранения. Обращение с ли-

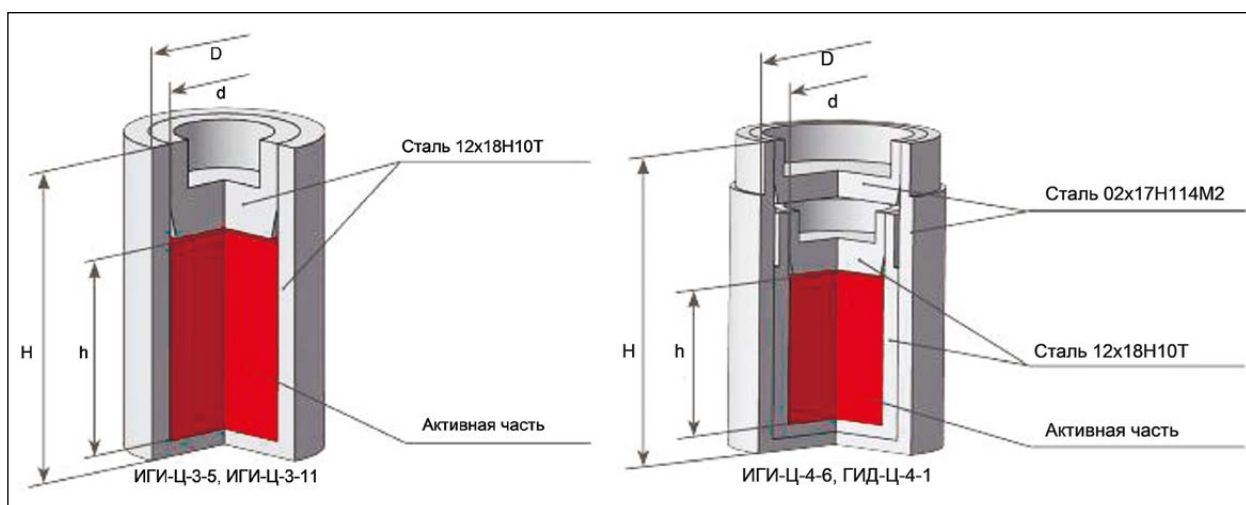


Рисунок 11 – Контрольный источник типа ИГИ-Ц

(каталог продукции ФГУП «Производственное объединение «Маяк», URL: <https://www.po-mayak.ru/upload/iblock/7cd/7cd0794a88683e306aecc4065d0dc3d.pdf>; дата обращения: 17.06.2022)

Таблица 2 – Характеристики контрольных источников, входящих в состав градуировочного оборудования СО-6 [1]

Тип источника	Размеры источника (активной части), мм		Номинальная МЭД на расстоянии 1 м от поверхности источника, А/кг	Активность ^{137}Cs в источнике, Бк (Ки)
	Диаметр, D (d)	Высота, H (h)		
ИГИ-Ц-3-5	6,0 (4,5)	10,0 (6,1)	$6,0 \times 10^{-11}$	$0,85 \times 10^8 - 1,59 \times 10^8$ ($2,3 \times 10^{-3} - 4,3 \times 10^{-3}$)
ИГИ-Ц-3-11			$1,5 \times 10^{-10}$	$1,7 \times 10^8 - 3,0 \times 10^8$ ($4,6 \times 10^{-3} - 8,1 \times 10^{-3}$)
ИГИ-Ц-4-6	8,0 (4,9)	12,0 (5,5)	$1,05 \times 10^{-7}$	$1,15 \times 10^{11} - 2,07 \times 10^{11}$ (3,1 – 5,6)

цензируемыми источниками ионизирующего излучения допускается только в течении назначенного срока эксплуатации (продленного срока эксплуатации сверх назначенного срока эксплуатации). Такие ИИИ в нерабочем положении должны находиться в защитных устройствах, устойчивых к температурным, механическим, химическим и другим воздействиям окружающей среды, а также иметь знак радиационной опасности.

Для не находящихся в работе источников ионизирующего излучения требуется их содержание в оборудованных хранилищах, включающих устройства, ниши, колодцы, с целью снижения дозовой нагрузки на персонал и для обеспечения физической защиты ЗРИ и радиационного контроля. Хранилища должны быть оборудованы круглосуточной работающей вытяжной вентиляцией.

Другая, наиболее объемная часть образцов технических средств РХБ разведки и контроля, имеет в своем составе ЗРИ с активностью более минимально значимой (МЗА)¹⁶, но менее лицензируемой. При обращении с указанными ИИИ предъявляются менее «жесткие» требования. Среди рассмотренных выше ЗРИ наибольшее распространение получили источники на основе ^{239}Pu , ^{90}Sr , ^{90}Y , ^{137}Cs , ^{63}Ni , МЗА которых соответствует значениям 1×10^4 Бк, 1×10^4 Бк, 1×10^4 Бк, 1×10^8 Бк. Размещение таких источников осуществляется отдельно от лицензируемых ЗРИ в сейфах, ящиках хранилища. Возможна организация временного хранения в служебных и специальных помещениях (комнатах размещения дежурных смен) с обеспечением мер физической защиты.

Для временного хранения радиационных источников, имеющих в своем составе не лицензируемые ЗРИ, в целях обеспечения их сохранности разрабатываются и утверждаются руководителем организации порядок сдачи служебных и специальных помещений под устройства индикации вмешательства (УИВ).

В целях предупреждения несанкционированного доступа в помещения с РИ, в соответствии с приказом руководителя организации, ограничен круг лиц, имеющих право на вскрытие (закрытие) помещений с РИ. Контроль мероприятий осуществляет дежурная служба, имеющая список данных лиц и закрепленных за ними УИВ.

Доступ посторонних лиц в помещение, где проводится работы с радиационным источником, осуществляется только в сопровождении ответственных должностных лиц организации.

Встроенные в приборы закрытые радионуклидные источники хранятся в помещении с описью размещения РИ, обозначенном знаком радиационной опасности.

Входящие в комплектацию приборов источники, имеющие активность ЗРИ, превышающую МЗА, непосредственно размещаются в ячейках сейфов. Сейфы оснащаются описью, знаком радиационной опасности и персонально идентифицируемым устройством одноразового действия¹⁷. Порядок применения пломбировочных устройств осуществляется в соответствии с Программой на их применение.

Практическое использование источников ионизирующего излучения, применяемых в современных и перспективных приборах РХБ

¹⁶ МЗА активность открытого ИИИ в помещении или на рабочем месте, при превышении которой требуется разрешение органов исполнительной власти, уполномоченных осуществлять государственный санитарно-эпидемиологический надзор, на использование этого источника, если при этом также превышено значение минимально значимой удельной активности.

¹⁷ Персонально идентифицируемые устройства одноразового действия, которые обеспечивают защиту объектов применения РИ от несанкционированного доступа путем индикации вмешательства и сдерживания в определенных пределах от проникновения (далее – пломбировочные устройства), соответствуют требованиям национальных стандартов (ГОСТ 31283-2004, ГОСТ Р 52326-2005).

разведки, включает соблюдение требований безопасности при работе с ними, которые подразумевают строгое соблюдение и неукосни-

тельное выполнение комплекса многообразных защитных мероприятий, зависящих от конкретных условий работы с ИИИ.

Вклад авторов / Authors Contribution

Все авторы внесли свой вклад в концепцию рукописи, участвовали в обсуждении и написании этой рукописи, одобрили окончательную версию. Все авторы прочитали и согласились с опубликованной версией рукописи / All authors contributed to the conception of the manuscript, the discussion, and writing of this manuscript, approved the final version. All authors have and agreed to the published version of the manuscript.

Информация о конфликте интересов

Авторы заявляют, что исследования проводились при отсутствии любых коммерческих или финансовых отношений, которые могли бы быть истолкованы как потенциальный конфликт интересов.

Сведения о рецензировании

Статья прошла открытое рецензирование двумя рецензентами, специалистами в данной области. Рецензии находятся в редакции журнала и РИНЦе.

Финансирование

Федеральное государственное казенное военное образовательное учреждение высшего образования «Военная академия радиационной, химической и биологической защиты имени Маршала Советского Союза С.К. Тимошенко» Министерства обороны Российской Федерации.

Литература для самоподготовки // List of sources used for self-study

1. Технические средства радиационной, химической и биологической разведки и контроля, а также другие изделия, эксплуатирующиеся в Вооруженных Силах Российской Федерации, со встроенными и контрольными источниками ионизирующего излучения: учебное пособие для слушателей / Э.В. Васильковский и др.; рец. А.В. Мамченков. – Кострома: ВА РХБЗ, 2021. 139 с., ил.

Technical means of radiation, chemical and biological reconnaissance and control, as well as other products operated in the Armed Forces of the Russian Federation, with built-in and control sources of ionizing radiation: a training manual for students / E.V. Vasilkovsky and others; edit. A.V. Mamchenkov. Kostroma: VA RKhBZ, 2021. 139 p., ill. (in Russian).

Об авторах

Федеральное государственное казенное военное образовательное учреждение высшего образования «Военная академия радиационной, химической и биологической защиты имени Маршала Советского Союза С.К. Тимошенко» Министерства обороны Российской Федерации, 156015, Российская Федерация, г. Кострома, ул. Горького, д. 16.

Васильковский Эдуард Владимирович. Начальник кафедры ВА РХБЗ, канд. техн. наук.

Дикун Андрей Васильевич. Доцент кафедры ВА РХБЗ, канд. хим. наук.

Васюкевич Игорь Геннадьевич. Доцент кафедры ВА РХБЗ, канд. техн. наук.

Контактная информация для всех авторов: varhbz@mil.ru

Контактное лицо: Васильковский Эдуард Владимирович; varhbz@mil.ru

Sources of Ionizing Radiation Used in Modern and Advanced NBC Reconnaissance Devices (Lecture)

E.V. Vasilkovsky, A.V. Dikun, I.G. Vasyukevich

Federal state Public Military Education Institution of Higher Education «Military Academy of Nuclear, Biological and Chemical Defence named after Marshal of the Soviet Union S.K. Timoshenko» of the Ministry of Defence of the Russian Federation, 16 Gorky Street, Kostroma 156015, Russian Federation

Received 25 June 2022. Accepted September 27, 2022

The lecture is intended to prepare students studying under an additional professional advanced training program for military specialists in radiation safety for all branches of the Armed Forces of the Russian Federation, as well as to train officials responsible for organizing and ensuring radiation safety in military units and organizations of the Ministry of Defense of the Russian Federation.

The lecture addresses three educational questions:

1. Accounting and control of radiation sources in the system of state accounting and control of radioactive substances and radioactive waste.
2. General requirements for the operation of radiation sources.
3. Operation of sealed radionuclide sources as part of the technical means of the RCB for intelligence and control.

Keywords: dose rate meters; minimal activity; radiation safety; radiation sources; sealed radionuclide sources; sources of ionizing radiation.

For citation: Vasilkovsky E.V., Dikun A.V., Vasyukevich I.G. Sources of Ionizing Radiation Used in Modern and Advanced NBC Reconnaissance Devices (Lecture) // *Journal of NBC Protection Corps*. 2022. V. 6. No 3. P. 282–294. <https://doi.org/10.35825/2587-5728-2022-6-3-282-294>

Conflict of interest statement

The authors declare that the research was conducted in the absence of any commercial or financial relationship that could be construed as a potential conflict of interest.

Peer review information

The article has been peer reviewed by two experts in the respective field. Peer reviews are available from the Editorial Board and from Russian Science Citation Index database.

Funding. Federal State Public Military Education Institution of Higher Education «Military Academy of Nuclear, Biological and Chemical Defence named after Marshal of the Soviet Union S.K. Timoshenko» of the Ministry of Defence of the Russian Federation.

References

See P. 293.

Authors

Federal State Public Military Education Institution of Higher Education «Military Academy of Nuclear, Biological and Chemical Defence named after Marshal of the Soviet Union S.K. Timoshenko» of the Ministry of Defence of the Russian Federation, 16 Gorky Street, Kostroma 156015, Russian Federation.

Eduard Vladimirovich Vasilkovsky. Head of the Department. Candidate of Technical Sciences.

Andrei Vasilievich Dikun. Associate Professor of the Department. Candidate of Chemical Sciences.

Igor Gennadievich Vasyukevich. Associate Professor of the Department. Candidate of Technical Sciences.

Contact information for all authors: varhbz@mil.ru

Contact person: Eduard Vladimirovich Vasilkovsky; varhbz@mil.ru

Представители войск РХБ защиты ВС РФ почтили память святого благоверного князя Андрея Боголюбского



*Крестный ход вокруг храма святого благоверного князя Андрея Боголюбского – небесного покровителя войск РХБ защиты 17 июля 2022 г.
Фотография Ирины Нужиной*

17 июля 2022 г. в храме святого благоверного князя Андрея Боголюбского (на Волжском бульваре г. Москвы) – небесного покровителя войск РХБ защиты, на подворье Патриарха Московского и всея Руси прошёл престольный праздник.

В этот день совершается память святого великого князя, который явился одним из собирателей земель Русских.

Русская Православная Церковь прославила его в лике святых за его твёрдую веру, христианское благочестие и подлинную праведность.

Заслугой князя стало политическое и экономическое возвышение северо-восточных земель Руси и града Москвы, основанного его отцом — великим князем Юрием Долгоруким. Несомненная роль в становлении и возвышении столицы нашего государства принадлежит самому св. князю Андрею Боголюбскому.

На мероприятии присутствовали начальник войск радиационной, химической и биологической защиты Вооружённых Сил Российской Федерации генерал-лейтенант Игорь Кириллов, военнослужащие, гражданский персонал, члены их семей, ветераны войск РХБ защиты, а также юнармейцы отряда имени Маршала Советского Союза С.К. Тимошенко.

Храм на Волжском в статусе Патриаршего подворья является основным в Москве, кормящим верующих воинов, служащих, ветеранов и членов их семей войск РХБ защиты ВС РФ.

В июне 2020 года Патриарх Московский и всея Руси Кирилл своим Указом благословил

определение святого благоверного князя Андрея Боголюбского в лике святых и с давних времён почитаемого нашим народом «небесным покровителем войск РХБ защиты».

Праздничную Божественную Литургию возглавил Высокопреосвященный архиепископ Егорьевский Матфей, викарий Москвы. По окончании богослужения был совершён крестный ход вокруг храма, после чего Владыка Матфей обратился со словом к собравшимся в храме на престольный праздник людям.

Настоятель храма иерей Кирилл Краев рассказал присутствующим о житие святого благоверного князя Андрея Боголюбского и подвёл их к главной иконе войск РХБ защиты ВС РФ, к которой представителями войск была преподнесена корзина с цветами. Все желающие смогли приложиться к святому образу.

После этого настоятель храма рассказал участникам мероприятия об истории храма святого благоверного князя Андрея Боголюбского.

В завершении экскурсии дети и юнармейцы отряда имени Маршала Советского Союза С.К. Тимошенко приняли участие в праздничном чаепитии.

Мероприятие послужило хорошим уроком духовно-нравственного воспитания подрастающего поколения нашей великой России.

*Младший научный сотрудник отдела
27 НЦ МО РФ
Н.П. Соляник*

Создание парков семьи с яблоневыми садами в воинских частях и организациях войск радиационной, химической и биологической защиты вооруженных сил Российской Федерации



Открытие митинга по случаю создания «Парка семьи» на территории одного из военных гарнизонов войск РХБ защиты

Старт акции создания «Парков семьи» состоялся 26 апреля в одном из гарнизонов Саратовской области и был приурочен к 9 мая – празднику Великой Победы Советского народа в Великой Отечественной войне (1941–1945 гг.). Затем яблоневый сад был высажен на территории Военной академии радиационной, химической и биологической защиты имени Маршала Советского Союза С.К. Тимошенко в ознаменование 90-летия образования этого замечательного высшего учебного заведения российской армии. В преддверии Дня защиты детей высадка деревьев продолжилась в 27 Научном центре Минобороны России (27 НЦ МО РФ). Зеленый проект воплотили в жизнь в День семьи, любви и верности и в 282 Трансильванском Краснознаменном Ордена Александра Невского учебном центре войск РХБ защиты.

Масштабная акция была организована по инициативе женсовета войск РХБ защиты совместно с ветеранами войск РХБ защиты под девизом: «Женщины войск РХБ защиты – своих не бросаем»!

По словам председателя женсовета войск РХБ защиты Светланы Кирилловой, открытие парков положило начало новой доброй традиции среди жителей военных городков – высаживать в Парке семьи парные деревья как символ единства.

«Каждая яблоня будет названа именем военнослужащего, который особым образом отличился в ходе выполнения специальной воен-

ной операции по защите мирных жителей Донбасса и именем его супруги. Акция проводится с целью поддержать военнослужащих, а также для сплочения воинских коллективов и поддержания благоприятного климата в семьях военнослужащих», – рассказала Светлана Кириллова. По ее словам, в каждом таком парке в дальнейшем появится и памятник семейным ценностям, который станет центром единения семей военнослужащих во всех воинских частях и организациях войск РХБ защиты.

И это правильно, ведь семья – самое главное, что у нас есть. Замечательно и то, что дети видят пример своих родителей и приобщаются к такому полезному делу.

Данный проект реализуется с целью благоустройства военных городков и создания парков семьи с яблоневыми садами.

Его подхватили во всех гарнизонах, где живут семьи военнослужащих войск, которые участвуют в специальной военной операции.

Еще одними добрыми традициями, зародившимися в войсках РХБ защиты стали celebration лучших семей военнослужащих и посвящение школьников в ряды Всероссийского детско-юношеского военно-патриотического общественного движения «Юнармия».

Женсоветами воинских частей и организаций войск РХБ защиты проводится и другая чрезвычайно важная работа – сбор и отправка посылок на передовую и гуманитарной помощи детям Донбасса от детей войск РХБ защиты с трогательными письмами и рисунками юнармейцев в поддержку военнослужащих.

Стоит отметить, что проведение таких акций как создание парков семьи, где у каждого деревца – своя пара, стало уже доброй традицией женсоветов войск РХБ защиты.

«Это уже четвертый по счету сад, который появился в наших гарнизонах. Убеждена, что этот парк, как и другие, станет излюбленным местом жителей, военнослужащих и их семей», подчеркнула Светлана Кириллова.

*Младший научный сотрудник отдела
27 НЦ МО РФ
Н.П. Соляник*

Завьялова Наталья Васильевна (к 70-летию со дня рождения)



Завьялова Наталья Васильевна – доктор биологических наук, профессор, действительный член Российской Академии Военных Наук. За организацию и проведение специальных научно-исследовательских работ в 1991 г. награждена орденом «Почета», медалями Министерства обороны «За трудовую доблесть», «200 лет Министерству обороны», Памятным знаком Федерального Управления по хранению и уничтожению химического оружия «Генерал-полковник Пикалов», почетным знаком Министерства здравоохранения «Отличник здравоохранения», почетным знаком «Изобретатель, Рационализатор»

Завьялова (Купцова) Наталья Васильевна родилась 27 августа 1952 г. в г. Днепропетровске в семье служащих. В 1974 г. окончила с отличием Днепропетровский государственный университет, биологический факультет по кафедре микробиологии.

С 1974 по 1977 г. училась в очной аспирантуре Института общей генетики Академии наук СССР, лаборатория молекулярной генетики бактерий и фагов (Москва). В 1980 г. защитила кандидатскую диссертацию по специальности «Генетика». В 1980 г. поступила на работу в федеральное государственное бюджетное учреждение «27 Научный центр» Министерства обороны Российской Федерации (27 НЦ МО РФ). Будучи целеустремленным, вдумчивым, организованным человеком, владеющим фундаментальными знаниями, способным выделять главное и видеть перспективу использования полученных результатов, она прошла все ступени научного роста от младшего научного сотрудника до главного научного сотрудника 27 НЦ МО РФ, ставшего для Н.В. Завьяловой родным домом.

В 1992 г. Наталья Васильевна защитила докторскую диссертацию по специальности

«Биоорганическая химия, химия природных и физиологически активных веществ». В 2003 г., подготовив кандидатов и докторов наук, получила ученое звание «профессор» по специальности – «Биоорганическая химия, химия природных и физиологически активных веществ».

Наталья Васильевна является автором около 180 научных трудов и изобретений. Область ее научных исследований – от молекулярной биологии, молекулярной генетики, биохимии, биоорганической химии, создания новых материалов для средств защиты человека на основе использования наночастиц металлов и наноферментативных комплексов до использования микроорганизмов и ферментов микроорганизмов для очистки окружающей среды, а также уничтожения токсичных соединений и продуктов их деструкции. Активно участвует в организации и руководит проведением научно-исследовательских работ, совместных исследований с научно-исследовательскими и образовательными учреждениями Российской Федерации, Академии наук России и Минздрава.

Под ее руководством и при непосредственном личном участии в период с 2003 г. и

по настоящее время проводятся исследования по разработке и использованию биокаталитических нанотехнологий на основе фермента органофосфатгидролазы при создании изделий военного назначения различного типа.

Н.В. Завьялова – высококвалифицированный специалист в области молекулярной биологии и генетики, биоорганической химии, микробиологии, физиологически активных веществ (суперэкоотоксикантов), один из ведущих специалистов по разработке биотехнологий химического разоружения, а также в области создания новых средств химической, биологической и медицинской защиты.

К разработанным с ее участием технологиям относится технология разложения боевых отравляющих веществ в виде чистых веществ, а также в составе реакционных масс, образующихся после химического уничтожения фосфорорганических веществ. Данная разработка не имеет аналогов в мире.

Под непосредственным руководством Наталии Васильевны был создан многослойный фильтрующе-сорбирующий самодегазирующийся материал, который по времени защитного действия в 27 раз превосходит время защитного действия фильтрующей одежды общевойскового назначения. Разработанный фильтрующе-сорбирующий самодегазирующийся материал для индивидуальной защиты от ОМП относится к направлению внедрения нанотехнологий в текстильной промышленности, является инновационным направлением создания современных материалов с применением нанокочисств препаратов фермента. Данная разработка является наилучшей в мире среди самодегазирующихся материалов.

Под руководством Н.В. Завьяловой сформирована научная школа, занимающаяся решением актуальных проблем химической и биологической защиты войск и населения.

Н.В. Завьялова является известным ученым как в России, так и за рубежом. Результаты ее исследований неоднократно докладывались на всероссийских и ведомственных военно-научных конференциях, международных конференциях по химическому разоружению и научных конгрессах. Среди них – Научная конференция НАТО по химическому разоружению, Львов, Украина (1995), Научная конференция по химоружию, Абердин, штат Мэриленд, США (1995); Научная конференция НАТО по химоружию, Лодзь, Польша (1996); Научная конференция «Ферменты-2001», Орlando, штат Майами, США (2001); Пятый Международный конгресс «Биотехнология», Москва (2009); Одиннадцатая научная конференция «Холинэстеразы», Казань (2012); Международная конференция «Актуальные научные и научно-технические проблемы обеспечения химической безопасности», Казань (2020).

Более 40 лет трудится Н.В. Завьялова в научных организациях Министерства обороны. Накопленный за это время опыт и знания помогают ей справляться с обязанностями как на работе, так и в оппонировании диссертационных работ, позволяют профессионально оценивать квалификационные работы в двух диссертационных советах и в экспертном совете ВАК, принимать участие в работе Государственных экзаменационных комиссий по приему экзаменационных работ аспирантов и активно участвовать в работе редакционной коллегии рецензируемого журнала «Вестник войск РХБ защиты».

Коллектив и командование 27 НЦ МО РФ, редакция журнала «Вестник войск РХБ защиты» сердечно поздравляют Наталью Васильевну с юбилеем и желают доброго здоровья, неиссякаемой энергии, счастья, творческого долголетия, новых научных достижений!

Ушаков Виктор Степанович (к 70-летию со дня рождения)

16 мая 2022 г. исполнилось 70 лет ветерану войск РХБ защиты и Вооруженных Сил Российской Федерации, кандидату технических наук, старшему научному сотруднику, профессору АВН, подполковнику в отставке Виктору Степановичу Ушакову.

В.С. Ушаков родился в 1952 г. в поселке Угловое Приморского края. В 1970 г. с серебряной медалью окончил Уссурийское Суворовское военное училище, в 1975 г. с отличием – Военную академию химической защиты имени Маршала Советского Союза С.К. Тимошенко, в 1984 г. – адъюнктуру при академии по профилю зажигательного оружия. Кандидат технических наук (1985 г.), старший научный сотрудник (1990 г.). С 1975 г. по 1981 г. и с 1984 г. по 1996 г. проходил службу в 33 ЦНИИИ МО: от инженера-испытателя до заместителя начальника отдела. С 1998 г., после увольнения в запас (1996 г.), работал в Военной академии радиационной, химической и биологической защиты: доцент кафедры боевого применения зажигательных средств и аэрозольного противодействия, а с 2005 г. – в ФГБУ «27 Научный центр» Министерства обороны Российской Федерации (27 НИЦ МО РФ) в должности старшего научного сотрудника.

В.С. Ушаков – известный ученый и специалист в области проблем поражающего действия и эффективности зажигательного вооружения войск РХБ защиты. Внес большой личный вклад в теорию и практику разработки и испытаний зажигательных составов, образцов зажигательного вооружения видов и родов войск Вооруженных Сил. Является автором научных трудов по прогнозированию поражающего действия и эффективности зажигательного оружия как одного из средств ведения вооруженной борьбы. Лично и в соавторстве проводил поисковые исследования по разработке и испытанию практически всех современных образцов зажигательного вооружения. Является автором ряда методик по измерению параметров сложного процесса теплообмена при «работе» боеприпа-



Ушаков Виктор Степанович

са с поражаемой целью и генерации поражающих факторов при горении термобарических составов.

Виктор Степанович – признанный специалист в Минобороны РФ, чьему способствуют его глубокие знания в области физических, химических процессов, математики, информатики и английского языка. Обладает высоким методическим мастерством.

В.С. Ушаков принимал участие в совершенствовании существующих, испытаниях и принятии на вооружение новых образцов – всего перечня огнететов и тяжелых огнететных систем. Совместно с Г.И. Маньковским,

В.П. Сюкревым и В.И. Хурсой принимал участие в работах по аэрозольной визуализации демонстрации Государственного Флага Российской Федерации при проходе группы самолетов на ежегодных парадах в честь Победы советского народа в Великой Отечественной войне.

На протяжении своей научной деятельности В.С. Ушаков тесно и плодотворно взаимодействует с ведущими НИУ МО РФ и промышленности, конструкторскими бюро в области зажигательных средств поражения. Автор 17 изобретений, более 150 научных трудов, в большинстве из которых является научным руководителем или ответственным исполнителем, а также нескольких учебных пособий, руководств и наставлений. Им подготовлено 5 кандидатов наук и 15 дипломников. В 1990-х гг. являлся секретарем Координационного Совета по планированию и работе научно-исследовательских учреждений и органов военного управления в области поиска направлений и путей совершенствования зажигательного оружия. В это время была обоснована и разработана Концепция развития зажигательного вооружения видов и родов войск Вооруженных Сил.

Командование войск РХБ защиты, коллектив 27 НИЦ МО РФ, друзья, товарищи, коллеги и ученики сердечно поздравляют Виктора Степановича Ушакова с 70-летием со дня рождения, желают ему доброго здоровья, удачи и новых творческих достижений.

Памяти Грабарев Павла Алексеевича (17.03.1927–27.04.2022 гг.)

27 апреля 2022 г. на 94-м году ушел из жизни Павел Алексеевич Грабарев, известный ученый-вирусолог и специалист в области биологической защиты войск и населения Российской Федерации, доктор биологических наук, профессор, полковник медицинской службы в отставке.

Вся его жизнь – бесконечная преданность выбранному делу и служение людям.

Славный трудовой путь Павла Алексеевича начался в 1954 г. в научно-исследовательском институте Министерства обороны СССР, в котором последовательно он зани-

мал должности младшего и старшего научного сотрудника, заместителя начальника и начальника отдела.

Научные интересы Павла Алексеевича были связаны с изучением природно-очаговых трансмиссивных инфекций. Неоднократно, в составе научно-исследовательских экспедиций, Павел Алексеевич принимал непосредственное участие в ликвидации вспышек весенне-летнего клещевого энцефалита, туляремии, геморрагических лихорадок и других инфекций.

На протяжении более 25 лет он курировал в лабораториях Московского и Киевского государственных университетов разработку биологических защитных средств и методов борьбы с переносчиками возбудителей трансмиссивных инфекций. Благодаря его таланту, высокой работоспособности и ответственности были разработаны биологические средства и методы борьбы с переносчиками возбудителей трансмиссивных инфекций.

В 1981–1985 гг. Павел Алексеевич совместно с генерал-майором медицинской службы



Павел Алексеевич Грабарев

В.А. Лебединским и полковником Л.С. Джиндоном сыграли значимую роль в стабилизации эпидемической и эпизоотической обстановки в республике Куба. Разработанные методы борьбы с переносчиками возбудителей опасных инфекций перед внедрением в практику кубинского здравоохранения многократно обсуждались с высшими руководителями страны и трижды – с Фиделем Кастро.

Итогом научной деятельности П.А. Грабарева явились защита кандидатской (1961 г.), а затем – докторской (1971 г.) диссертаций, утверждение в ученое звание профессо-

ра (1982 г.). Павел Алексеевич – автор и соавтор более 200 научных трудов, в том числе четырех монографий и учебного пособия. Выполненные им и его учениками научные изыскания имеют приоритетный характер. Под его руководством защищено 14 кандидатских диссертаций.

С 1973 по 2021 г. П.А. Грабарев состоял членом диссертационного совета ГБУ «48 ЦНИИ» Минобороны России. В 1995–2005 гг. – работал в составе экспертного совета по биологическим наукам Высшей аттестационной комиссии России.

За свои трудовые и научные достижения Павел Алексеевич награжден орденами «Знак Почета», «За службу Родине в Вооруженных Силах СССР» III степени и многими медалями.

Коллектив ФГБУ «48 ЦНИИ» Минобороны России скорбит и выражает глубокие соболезнования родным и близким Павла Алексеевича Грабарева. Светлая и благодарная память о нем будет всегда жить в сердцах коллег и друзей.

Наша замечательная Россия

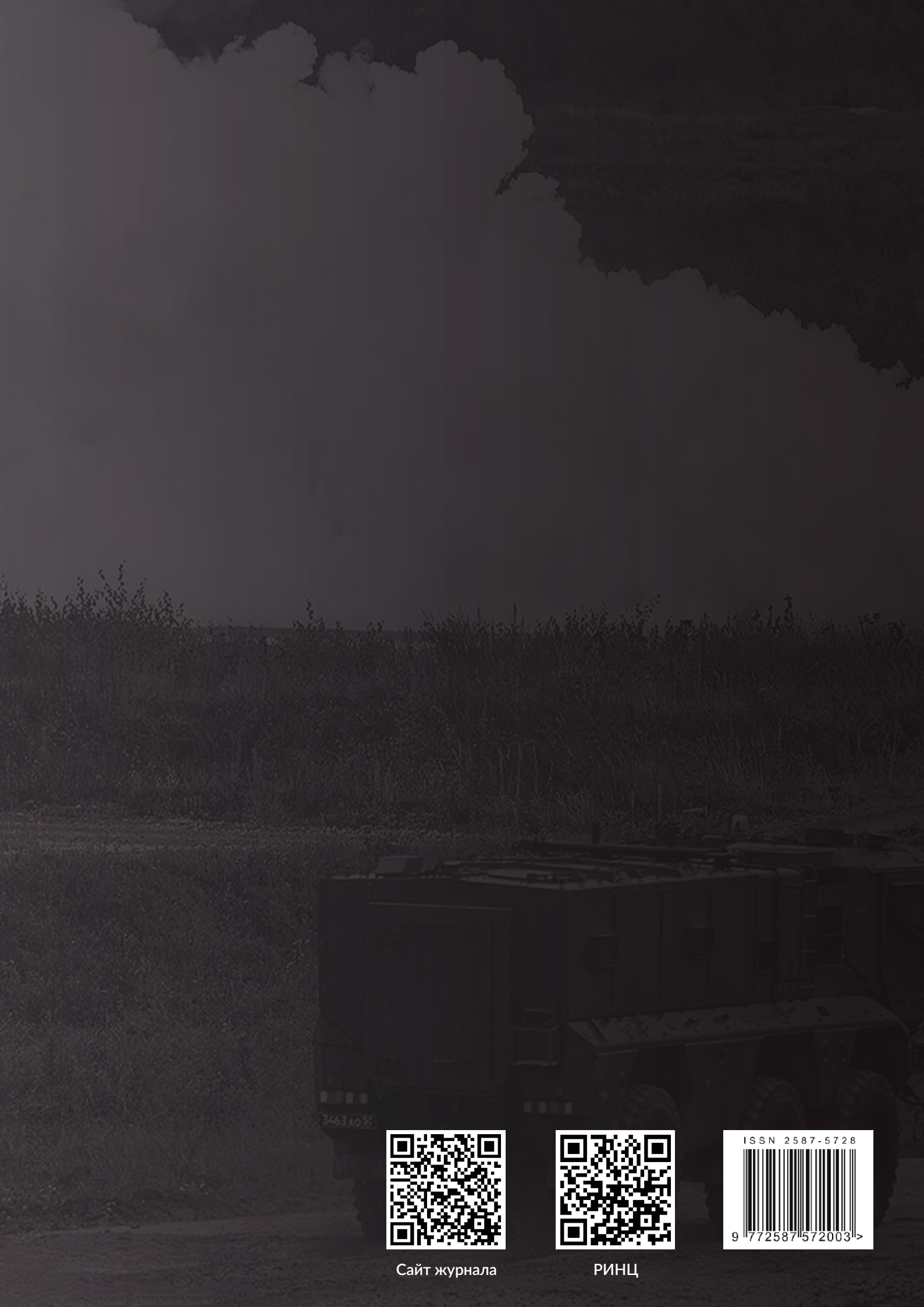
Мемориал «Памяти жертв фашизма», Ростов-на-Дону



Повторно фашисты захватили Ростов-на-Дону 24.07.1942 г. и уже 9 августа ими был издан приказ, предписывающий всем лицам еврейской национальности в обязательном порядке собраться в специальных сборных пунктах для отправки к месту переселения. Однако их привезли ко рвам недалеко от поселка 2-я Змиевка на северо-западной окраине города. В этот день в Змиевской балке были убиты 300 пленных красноармейцев, копавших рвы, а также 13,5 тыс. евреев. Конвейер смерти заработал. Массовые убийства продолжались трое суток. Убивали разными способами. Из пулеметов, забивали прикладами, душили в газвагенах. Детей отводили в здание находящегося рядом дома отдыха. Здесь их строили парами мальчик-девочка, как было заведено в детских садах. Приходил «доктор» и через переводчика приказывал детям открыть рот и показать язык. Из склянки с бурой жидкостью (цианид) смачивали ватный тампон, которым проводили по языку. Дети рефлекторно делали глотательные движения и в считанные секунды умирали. Трупки сбрасывали в ямы. Чрезвычайная государственная комиссия установила, что в балке было убито 27 тыс. человек, из них 15–18 тыс. – еврейской национальности.

Инициатором и душой создания Мемориального комплекса был скульптор Николай Аведиков. Ему помогали архитекторы Н. Нерсесьянц, Р. Мурадян, скульпторы Е. Лопко и Б. Лопко. Мемориал был открыт 9 мая 1975 г. Мемориал включает выполненную в бетоне многофигурную скульптурную группу высотой 16 м (верхняя фотография) с находящимся перед ней Вечным огнем. Фотографии нижнего ряда – по склону в низину идет Аллея скорби, на ней находится чаша Вечного огня; фотография в центре – памятная доска на стене Траурного зала; фотография справа – проход военного оркестра на траурном мероприятии, посвященном 80-й годовщине массового убийства советских граждан в Змиевской балке.

Фотографии М.В. Супотницкого



Сайт журнала



РИНЦ



ISSN 2587-5728

9 772587 572003 >