

ТЕМА НОМЕРА:

**НАУЧНЫЕ ПРОБЛЕМЫ
СОБЛЮДЕНИЯ КОНВЕНЦИИ
О ЗАПРЕЩЕНИИ ХИМИЧЕСКОГО ОРУЖИЯ**

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

ВЕСТНИК ВОЙСК РХБ ЗАЩИТЫ



Том 1, № 4

2017

В НОМЕРЕ:

- ◆ Новые подходы Организации по запрещению химического оружия в области лабораторного обеспечения контроля за нераспространением химического оружия
- ◆ Концептуальный подход к военно-экономическому обоснованию перспектив развития вооружения и средств радиационной, химической и биологической защиты

ISSN 2587-5728



9 772587 572003 >

Наша замечательная Россия

«Ворошиловская батарея»



Береговая башенная батарея № 981 им. Клим Ворошилова на острове Русском под Владивостоком («Ворошиловская батарея») построена в 1934 г. для усиления обороны Владивостока. Состоит из двух башен, снятых с линкора «Полтава», принятого на вооружение русского флота в 1914 г. В 1918 г. линкор в результате пожара вышел из строя. Поэтому две средние трехорудийные башни неподлежащего восстановлению линкора использовали для строительства батареи № 981, кормовую и носовую башни установили в Севастополе на батарее № 459. Дальность стрельбы батареи при угле возвышения 24,50 град фугасным дальнобойным снарядом обр. 1928 г. составляла 34 км. Батарея полностью контролировала Уссурийский залив. Последний выстрел батарея сделал в 1992 г., попав по бочке диаметром 2 м с расстояния 10 км. В 1998 г. создан филиал Военно-исторического музея ТОФ «Ворошиловская батарея».

На верхней фотографии вы видите башню № 1 батареи № 981 и китайских товарищей, проявляющих к батарее большой интерес. Фотографии нижнего ряда сделаны в башенном блоке № 1: слева — зарядный погреб со стеллажами, загруженными полузарядами; в центре — зарядно-перегрузочное отделение. Пост управления подъемом нижнего зарядника правого орудия. Контроллер и переговорные трубы; справа — основной снарядный погреб башни № 1. Практический снаряд обр. 1911 г., готовый к сбросу в питательный зарядник правого орудия.

Фотографии М.В. Супотницкого

ВЕСТНИК ВОЙСК РХБ ЗАЩИТЫ

Рецензируемый научно-практический журнал

Том 1, № 4

2017 г.



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

Выходит ежеквартально

Главный редактор
Петров С.В.

Заместители главного редактора
Супотницкий М.В.
Колесников Д.П.
Васько А.М.

Ответственный секретарь
Шило Н.И.

Научный редактор
Лебединская Е.В.

Редакционная коллегия

Амосов М.Ю.
Антипов В.Б.
Атланов В.П.
Бакин А.Н.
Бойко А.Ю.
Воробьев К.А.
Голипад А.Н.
Глудин В.М.
Дармов И.В.
Завьялова Н.В.
Камьянов С.С.
Клименко В.В.
Коршунов А.В.
Кутаев Д.А.
Лапшинов О.В.
Малеев В.Н.
Маньковский Г.И.
Предтеченский А.Б.
Родионов А.А.
Рыбальченко И.В.
Хурса В.И.
Шабельников М.П.

Редакционный совет

Председатель — Кириллов И.А.
Заместители председателя:
Кикоть С.Г.
Ковтун В.А.
Члены редакционного совета:
Борисевич С.В.
Варламов Д.Д.
Гладких В.Д.
Капашин В.П.
Кондратьев В.Б.
Кухоткин С.В.
Манукянц И.А.
Стяжкин К.К.
Туманов А.С.
Тырышкин С.Н.
Холстов В.И.
Щербаков М.Г.

Дизайн, верстка: Тюленева Л.М.

СОДЕРЖАНИЕ

Войскам радиационной, химической и биологической защиты
Вооруженных Сил Российской Федерации 99 лет 3

Проблемы соблюдения Конвенций о запрещении химического и биологического оружия

Выбор и оценка режимов хроматографического обнаружения бис(2-N,N-диалкиламиноэтил)дисульфидов методами масс-спектрометрии
Д.О. Корнеев, Л.В. Петракова, М.А. Понсов, А.А. Родионов 5

Новые подходы Организации по запрещению химического оружия в области лабораторного обеспечения контроля за нераспространением химического оружия
В.А. Игнатьев, Д.О. Корнеев, А.А. Родионов, В.Н. Фатеенков 24

Химическая безопасность и защита от химического терроризма

Исследование инкапсуляции угольного сорбента в высокомолекулярное соединение при создании средств индивидуальной защиты кожи фильтрующего типа
С.Н. Соловых, П.В. Горбачев 35

Разработка порошковой рецептуры для эффективного удаления токсических химикатов из текстильного материала
П.Н. Колесников, В.П. Хантов 41

Биологическая безопасность и защита от биологических угроз

Методические аспекты утилизации павших животных при ликвидации очагов эпизоотий
Д.Л. Поклонский, А.В. Матвеев, Д.Е. Чифанов, О.Ю. Дурилов,
Д.А. Зыгин, Н.В. Ермилов, Е.Е. Лагуткина, Г.Г. Еремин 50

Вооружение и средства РХБ защиты

Концептуальный подход к военно-экономическому обоснованию перспектив развития вооружения и средств радиационной, химической и биологической защиты
А.Е. Ерин, А.С. Дурнов, Г.В. Скобликов 59

Обзор важнейших международных событий в области РХБ безопасности

..... 68

Хроника

Союз ветеранов войск, специалистов и организаций в сфере радиационной, химической и биологической защиты 74

Старков Евгений Геннадьевич (к 60-летию со дня рождения) 79

Гладких Вадим Дмитриевич (к 60-летию со дня рождения) 80

Памяти Владимира Ивановича Мягких 81

Памяти Николая Тимофеевича Волкова 83

Указатель статей за 2017 год 86

Адрес редакции:

27 НЦ МО РФ, 105005, г. Москва, Бригадирский пер., д. 13.

Тел.: 8 (499) 265-42-90, e-mail: 27nc_1@mil.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: 25.12.2017 г.

Тираж 500 экз.

Отпечатано в типографии: ООО «РПЦ Офорт», 105118, г. Москва,
проспект Буденного, д. 21А.

Тел./факс 8 (495) 223-38-87, e-mail: info@ofort2000.ru.

К публикации принимаются только статьи, подготовленные в соответствии с «Правилами направления и опубликования научных статей в журнале «Вестник войск РХБ защиты».

Все 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.

JOURNAL

OF NBC PROTECTION CORPS

Peer Reviewed Scientific and Practical Journal

Vol. 1 No 4

2017

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

Quarterly Edition

Editor-in-Chief

Petrov S. V.

Deputy Editors-in-ChiefSupotnitskiy M. V.
Kolesnikov D. P.
Vasko A. M.**Executive Secretary**

Shilo N. I.

Science Editor

Lebedinskaya E. V.

Editorial BoardAmosov M. Yu.
Antipov V. B.
Atlanov V. P.
Bakin A. N.
Boyko A. Yu.
Vorobyov K. A.
Golipad A. N.
Gludin V. M.
Darmov I. V.
Zavyalova N. V.
Kamyranov S. S.
Klimenko V. V.
Korshunov A. V.
Kutaev D. A.
Lapshinov O. V.
Maleev V. N.
Mankovskiy G. I.
Predtechenskiy A. B.
Rodionov A. A.
Rybalchenko I. V.
Khursa V. I.
Shabelnikov M. P.**Editorial Council**Chairman – Kirillov I. A.
Vice-Chairmen:
Kikot S. G.
Kovtun V. A.
Members:
Borisevich S. V.
Varlamov D. D.
Gladkikh V. D.
Kapashin V. P.
Kondratyev V. B.
Kukhotkin S. V.
Manukyants I. A.
Styazhkin K. K.
Tumanov A. S.
Tyryshkin S. N.
Kholstov V. I.
Shcherbakov M. G.

CRC preparation: Tyuleneva L. M.

ContentsCelebration of the 99-th Anniversary of the Radiological, Chemical, and Biological
Defence Forces of the Russian Federation 3**The Problems of Adherence to the Chemical and Biological Weapons Conventions**Choice and Evaluation of Chromatographic Determination Regimes of
Bis(2-N,N-dialkylaminoethyl)disulfides Using Mass Spectrometry
D.O. Korneev, L.V. Petrakova, M.A. Ponsov, A.A. Rodionov 5
Organisation for the Prohibition of Chemical Weapons' New Approaches to Laboratory
Support for Control over Non-Proliferation
V.A. Ignatyev, D.O. Korneev, A.A. Rodionov, V.N. Fateenkov 24**Chemical Security and Protection against Chemical Terrorism**Study on Charcoal Sorbent Encapsulation in High-Molecular Compound during the
Development of Filtering Personal Protective Equipment of Skin
S.N. Solovykh, P.V. Gorbachev 35
Development of a Powder Formulation for Effective Removal of Toxic Chemicals
from Textile Materials
P.N. Kolesnikov, V.P. Khantov 41**Biological Security and Protection against Biological Threats**Methodical Aspects of Disposal of Dead Animals in the Elimination of the Epizootic Focus
D.L. Poklonskii, A.V. Matveev, D.E. Chifanov, O.Yu. Durilov, D.A. Zigin, N.V. Ermilov,
E.E. Lagutkina, G.G. Eremin 50**Weapons and Means of NBC Protection**Conceptual Approach to the Military Economy Justification of the NBC Protection
Armament and Equipment Development Prospects
A.E. Erin, A.S. Durnov, G.V. Skoblikov 59**Current Event Digest: NBC Security** 68**Cronicle**NBC Troops Veteran's Union 74
Starkov Eugeny Gennadievich, 60-th Birth Anniversary 79
Gladkikh Vadim Dmitrievich, 60-th Birth Anniversary 80
In Memoriam Myagkikh Vladimir Ivanovich 81
In Memoriam Volkov Nikolay Timofeevich 83**2017 Index** 86**Address of the Editorial Office**Federal State Budgetary Establishment «27 Scientific Centre» of the Ministry of Defence of
the Russian Federation, Brigadirskii Lane 13, Moscow 105005, Russian Federation.

Tel.: 8 (499) 265-42-90, 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 December 25, 2017.

Circulation: 500 copies.

Published in: LLC «RPTs Ofort», Budyonny Avenue 21A, Moscow 103118,
Russian Federation.

Tel/fax: 8 (495) 223-38-87, e-mail: info@ofort2000.ru.

**Only articles prepared 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.**

ВОЙСКАМ РАДИАЦИОННОЙ, ХИМИЧЕСКОЙ И БИОЛОГИЧЕСКОЙ ЗАЩИТЫ ВООРУЖЕННЫХ СИЛ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ 99 ЛЕТ



13 ноября 2017 года исполнилось 99 лет со дня образования войск радиационной, химической и биологической защиты Вооруженных Сил Российской Федерации (РХБЗ ВС РФ). Торжественные мероприятия прошли в Костроме на базе Военной академии РХБ защиты имени Маршала Советского Союза С.К. Тимошенко. Участниками событий стали более 2000 человек, из них более 200 ветеранов войск РХБ защиты ВС РФ прибыли из Москвы.

Личный состав академии к проведению мероприятий готовился заблаговременно и сумел достойно продемонстрировать свои достижения ветеранам и гостям праздника.

Митинг, посвященный дню войск РХБ защиты, начался с выноса Боевого знамени академии. С поздравлением к личному составу обратился член комитета по обороне Совета Федерации Михаил Васильевич Козлов.

После проведения митинга, на котором присутствовали весь личный состав академии, ветераны, руководство Костромского региона, было проведено возложение венков и цветов к монументу Славы войск РХБ защиты. Перед возложением к личному составу академии, ветеранам и гостям церемонии обратился председатель «Союза ветеранов войск РХБЗ» генерал-майор Евгений Геннадьевич Старков. Он отметил, что память о солдатах и офицерах войск РХБ защиты предшествующих поколений является стержнем воспитания военнослужащих в современных условиях.

На встрече с гостями, прибывшими в академию, начальник войск РХБ защиты ВС РФ генерал-майор Игорь Анатольевич Кириллов рассказал о достижениях войск и перспективах их даль-





нейшего развития, ответил на вопросы ветеранов.

После встречи ветераны и личный состав академии почтили память генерал-майора Евгения Яковлевича Лебедева, возглавившего в 1966 году Костромское военно-химическое училище, позже переименованное в Костромское военное командное училище химической защиты. Более 18 лет Евгений Яковлевич возглавлял указанный вуз и внес колоссальный вклад в воспитание и обучение офицеров химических войск.

Далее гости переместились в культурно-выставочный комплекс Костромской области «Губернский». На торжественном собрании гостей и ветеранов праздника поздравили губернатор Костромской области Сергей Константинович Ситников, председатель Костромской областной думы Алексей Алексеевич Анохин, начальник Федерального управления по безопасному хранению и уничтожению химического оружия генерал-полковник Валерий Петрович Капашин.

Затем ветеранов и личный состав войск РХБЗ с 99 годовщиной со дня образования поздравил коллектив Центрального академического театра Российской Армии. Концерт с участием советской и российской актрисы, народной артистки СССР Людмилы Чурсиной, народной артистки России Ольги Богдановой, народной артистки РСФСР Алины Покровской произвел неизгладимое впечатление на зрителей. Особый колорит концерту придало выступление артистов национального балета «Кострома».

Праздничные мероприятия были завершены торжественным ужином в здании историко-архитектурного комплекса Костромской области «Дворянское собрание». Гостям праздника свою музыкальную программу представил военный оркестр академии под руководством военного дирижера, заслуженного работника культуры Российской Федерации подполковника Эдуарда Клейна.

Ветераны и гости отметили высокую организацию мероприятий и выразили благодарность коллективу академии за организованный прием.

Помощник начальника войск РХБ защиты ВС РФ

полковник

О.В. Болтыков

Выбор и оценка режимов хроматографического обнаружения бис(2-N,N-диалкиламиноэтил)-дисульфидов методами масс-спектрометрии

Д.О. Корнеев, Л.В. Петракова, М.А. Понсов, А.А. Родионов

Федеральное государственное бюджетное учреждение
«27 Научный центр» Министерства обороны Российской Федерации,
105005, Российская Федерация, г. Москва, Бригадирский переулок, д. 13

Поступила 09.09.2017 г. Принята к публикации 10.10.2017 г.

Для наблюдения за выполнением отдельными предприятиями или государствами положений Конвенции о запрещении разработки, производства, накопления и применения химического оружия и о его уничтожении нами разработан высокочувствительный способ обнаружения бис(2-N,N-диалкиламиноэтил)дисульфидов, представляющих собой продукты гидролиза (дегазации) высокотоксичных фосфорорганических отравляющих веществ, таких как VX и его аналоги. Поиск оптимальных условий для хроматографического разделения и масс-селективного детектирования этих соединений основывался на рекомендациях, установленных Организацией по запрещению химического оружия для проведения ежегодных международных профессиональных тестов. В качестве разделительной системы нами применялся газовый хроматограф, позволяющий напрямую определять дисульфиды. Объектами исследования были гомологичные органические соединения – продукты гидролиза О-этил-S-2-(N,N-диизопропиламино)тиоэтилового эфира метилфосфоновой кислоты (VX) – бис(2-N,N-диизопропиламиноэтил)дисульфид и О-изобутил-S-2-(N,N-диэтиламино)тиоэтилового эфира метилфосфоновой кислоты (VR) – бис(2-N,N-диэтиламиноэтил)дисульфид. Оптимальным способом пробоподготовки оказалась органическая экстракция дисульфидов из водного раствора с помощью хлористого метилена. В ходе практических экспериментов мы установили, что наибольшую чувствительность при обнаружении бис(2-N,N-диалкиламиноэтил)дисульфидов показали газовый хроматограф Agilent 7890A в совокупности с поверенным трехкврупольным масс-селективным детектором Agilent 7000B GC/MS Triple Quad и лицензионным программным обеспечением Mass Hunter Workstation Software, Qualitative and Quantitative Analysis, version B.04.00. Установлены пределы концентраций по обнаружению данных веществ в воде и в водных растворах: для бис(2-N,N-диизопропиламиноэтил) дисульфида – $0,533 \pm 0,003$ нг/мл; для бис(2-N,N-диэтиламиноэтил)дисульфида – $0,68 \pm 0,002$ нг/мл.

Ключевые слова: Конвенция; масс-спектрометрическое детектирование; отравляющие вещества; пробоподготовка; токсичные химикаты; химическое оружие; хроматографический пик; хроматографическое разделение; экологическое обследование.

Библиографическое описание: Корнеев Д.О., Петракова Л.В., Понсов М.А., Родионов А.А. Выбор и оценка режимов хроматографического обнаружения бис(2-N,N-диалкиламиноэтил)-дисульфидов методами масс-спектрометрии // Вестник войск РХБ защиты. 2017. Т. 1. № 4. С. 5–23.

Бис(2-N,N-диалкиламиноэтил)дисульфиды являются продуктам гидролиза (дегазации) таких высокотоксичных фосфорорганических отравляющих веществ (ОВ), как VX и его аналоги [1]. Их обнаружение на объектах окружающей среды и в водных средах может свидетельствовать о нарушении Конвенции о запрещении разработки, производства, накоп-

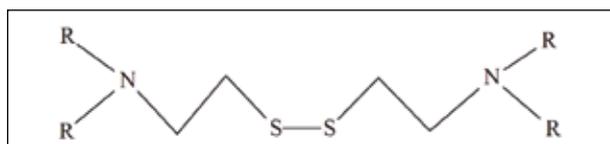
ления и применения химического оружия и его уничтожении (КХО) отдельными организациями или даже государствами. Поэтому разработка высокочувствительных способов обнаружения бис(2-N,N-диалкиламиноэтил) дисульфидов в настоящее время является актуальной задачей. Цель данной работы – выбор и оценка режимов хроматографического обнару-

Таблица 1 — Основные физико-химические свойства исследуемых бис(2-N,N-диалкиламиноэтил)дисульфидов (1, 2) [2]

Свойство	Бис(2-N,N-диизопропиламиноэтил)дисульфид	Бис(2-N,N-диэтиламиноэтил)дисульфид
Номер вещества	1	2
CAS Registry Number	65332-44-7	589-32-2
Брутто-формула	C ₁₆ H ₃₆ N ₂ S ₂	C ₁₆ H ₃₆ N ₂ S ₂
Название по номенклатуре IUPAC	N,N'-(Disulfaneyldiethane-2,1-diyl)bis[N-(propan-2-yl)propan-2-amine]	2,2'-Disulfaneylbis(N,N-diethylethanamine)
Синоним или международное торговое название	2-Propanamine, N,N'-(dithiodi-2,1-ethaneyl)bis[N-(1-methylethyl)-; Disulfane, bis(2-diisopropylaminoethyl)-; N,N'-(Disulfaneyldiethane-2,1-diyl)bis(N-isopropylpropan-2-amine)	2,2'-Disulfaneylbis(N,N-diethylethanamine); Ethanamine, 2,2'-dithiobis[N,N-diethyl-; N-(2-((2-(Diethylamino)ethyl)dithio)ethyl)-N,N-diethylamine; Diethyl Disulfane
Молекулярная масса	320,6	264,49
Exact mass (молекулярная масса с точным значением до четвертого знака)	320,232	264,1694
Агрегатное состояние при 20 °С	подвижная маслянистая жидкость	подвижная маслянистая жидкость
Плотность при 20 °С, г/см ³	0,952	0,983
Показатель преломления при 20 °С, n ^D	1,502	1,514
Температура кипения при атм. давлении, °С	372,4	326,1
Температура плавления при атм. давлении, °С	-8...-5	0...-3
Температура вспышки, °С	179	151
Давление насыщенного пара при 25 °С, мм рт. ст., P _{нас} .	9,67×10 ⁻⁶	2,2×10 ⁻⁴
Растворимость в воде при 20 °С, г/см ³	5,4×10 ⁻³	6,78×10 ⁻³
Растворимость в полярных и неполярных растворителях при 20 °С	хорошо	хорошо

жения бис(2-N,N-диалкиламиноэтил)дисульфидов методами масс-спектрометрии.

В качестве объектов исследования были выбраны два гомологичных органических соединения – продукты гидролиза О-этил-S-2-(N,N-диизопропиламино)тиоэтилового эфира метилфосфоновой кислоты (VX) – бис(2-N,N-диизопропиламиноэтил)дисульфид (1) и О-изобутил-S-2-(N,N-диэтиламино)тиоэтилового эфира метилфосфоновой кислоты (VR) – бис(2-N,N-диэтиламиноэтил) дисульфид (2):



R = i-C₃H₇ (1); R = C₂H₅ (2)

Структурная формула бис(2-N,N-диэтиламиноэтил)дисульфида

Для выбора наиболее оптимальных параметров и характеристик хроматографического разделения и масс-селективного детектирования, а также в целях разработки наиболее приемлемого и эффективного способа пробоподготовки, необходимо оценить основные физико-химические свойства изучаемых дисульфидов (1, 2). Основные физико-химические свойства данных соединений представлены в таблице 1.

Проведенная оценка вышеуказанных в таблице 1 основных физико-химических свойств изучаемых дисульфидов позволила в дальнейшем выбрать наиболее оптимальные условия пробоподготовки и характеристик хроматографирования и детектирования по определению данных веществ в воде и в водных растворах.

Синтез изучаемых дисульфидов (1, 2) проводили по известным методикам, указанным в [3–5]. Так, после проведения синтеза, упаривания растворителя, очистки и двойной пере-

Выбор и оценка режимов хроматографического обнаружения...

гонки в вакууме (при 1,2 мм рт.ст.) выделяли 1,24 г и 0,98 г целевых дисульфидов (1, 2). Выходы искомых веществ составили 78,3 и 84,5 % соответственно.

При определении температуры кипения и показателя преломления веществ использовали поверенное основное и вспомогательное оборудование. Расхождение полученных показателей по сравнению с данными литературы составило (в обоих случаях) не более 0,5–0,7 %, что соответствует установленным требованиям при первичной оценке чистоты синтезируемых веществ по известным методикам [6].

Лабораторную посуду дегазировали 60 % раствором бихромата калия в азотной кислоте путем выдерживания ее в течение 10–12 ч, остатки переносили в специальную емкость для слива в целях последующей утилизации установленным в организации порядком.

1. Выбор условий проведения органической экстракции и пробоподготовки из водных проб

При проведении процедуры пробоподготовки и органической экстракции руководствовались рекомендациями, установленными в ОЗХО для ежегодных международных профессиональных тестов [7].

Наиболее оптимальным способом пробоподготовки оказалось использование органической экстракции дисульфидов (1, 2) из водного раствора с помощью хлористого метилена [6].

В ходе проведения эксперимента использовали техническую и речную воду по 1 л, которую в дальнейшем использовали без соответствующей очистки и водоподготовки. Если водная проба была кислая или щелочная, ее нейтрализовали 0,1 М раствором NH_4OH или HCl соответственно до pH 7. Далее из общего объема воды отбирали 100 мл и вносили соответствующую навеску дисульфида 1 или 2, переносили в делительную воронку и взбалтывали в течение 10 мин. Затем трижды экстрагировали пробу половинными объемами абсолютного дихлорметана (от объема пробы), выдерживая в ультразвуковой ванне по 5 мин при комнатной температуре, после чего смесь центрифугировали в течение 10 мин при 2000 об/мин. Слой буферного раствора удаляли и отбирали нижний (органический) слой, объединяли полученные органические экстракты в один объем. Сушили органический экстракт над безводным Na_2SO_4 в течение 6 ч из расчета 2 г сульфата на 5 мл экстракта.

Полученный экстракт концентрировали на роторном испарителе, остаток доводили в токе сухого азота до объема 500 мкл, из приготовленного объема приготовили рабочий

(исходный) раствор (2,5 мл) дисульфидов (1, 2) с концентрацией 1 мг/мл в ацетонитриле. Последующим разбавлением данного раствора пропорциональными количествами абсолютного хлористого метилена получили ряд растворов с заданными концентрациями соответствующих дисульфидов в пределах от 5 ppm до 1 нг/мл (таблица 2).

Полученные растворы бис(2-N,N-диалкиламиноэтил)дисульфидов (1, 2) хранили при температуре минус (18–20) °С и использовали для последующего хромато-масс-детектирования.

2. Поиск оптимальных газохроматографических и масс-спектрометрических параметров и характеристик для определения предела обнаружения дисульфидов (1, 2) в воде и в водных растворах

Для получения оптимальных хроматографических и масс-спектрометрических характеристик бис(2-N,N-диалкиламиноэтил)дисульфидов (1, 2) с применением ГХ/МС/ПХИ и ГХ/МС/МС/ПХИ-методов использовали начальный рабочий раствор с концентрацией каждого дисульфида 5 ppm в хлористом метилена.

Поиск оптимальных условий для хроматографического разделения и масс-селективного детектирования основывался на рекомендациях, установленных в ОЗХО для проведения ежегодных международных профессиональных тестов [7].

Выбор и использование современного высокотехнологичного оборудования, такого как газовый хроматограф Agilent 7890A в совокупности с поверенным трехквadrupольным масс-селективным детектором Agilent 7000B GC/MS Triple Quad и лицензионным программным обеспечением Mass Hunter Workstation Software, Qualitative and Quantitative Analysis, version B.04.00 build 4.0.479.0 фирмы «Agilent Technologies, Inc.», также позволило существенно сократить время и финансово-экономические затраты для поиска оптимальных условий разделения и детектирования исследуемых органических соединений.

Для газохроматографического разделения исследуемых веществ использовалась стандартная кварцевая капиллярная колонка фирмы «Agilent», США, типа HP-5MS с неподвижной фазой 5 % фенилметилполисилоксана длиной 30 м, внутренним диаметром 0,25 мм и толщиной фазы 0,25 мкм.

Варьированием температурными интервалами ввода пробы, интерфейса и хроматографической колонки, а также временем и скоростью нагрева температурного плато, удалось достичь наиболее подходящих характеристик

Таблица 2 — Приготовление рабочих растворов дисульфидов (1, 2) в хлористом метиле с заданной концентрацией

Требуемая концентрация	Приготовление растворов дисульфидов (1, 2)		
	Исходная концентрация	Объем пробы, мл	Объем CH ₂ Cl ₂ , мл
5 ppm	10 ppm	0,2	0,2
1 ppm	10 ppm	0,04	0,36
0,5 ppm	10 ppm	0,02	0,38
0,3 ppm	10 ppm	0,01	0,32
0,1 ppm	10 ppm	0,01	0,99
50 нг/мл	100 нг/мл	0,2	0,2
20 нг/мл	100 нг/мл	0,1	0,4
10 нг/мл	100 нг/мл	0,1	0,9
5 нг/мл	100 нг/мл	0,05	0,95
1 нг/мл	100 нг/мл	0,01	0,99

для хроматографического разделения, что, в свою очередь, повлияло на дальнейшее определение и установку наиболее оптимальных параметров трехкврупольного масс-селективного детектора (таблица 3).

Для идентификации исследуемого класса органических соединений (бис(2-N,N-диалкиламиноэтил)дисульфидов) в подобных приборах и выбранных условиях чаще всего используется положительная химическая ионизация (ПХИ), что обуславливает наиболее максимальный отклик трехкврупольного масс-селективного детектора и высокую интенсивность сигнала при определении даже очень низких концентраций хроматографируемых веществ [8]. Получаемые масс-спектральные характеристики веществ при «метановой» ПХИ также являются наиболее информативными по сравнению с ОХИ в аналогичных условиях детектирования [8].

Известно, что ПХИ происходит при той же полярности напряжения анализатора, что и при электронном ударе (ЭУ). Для ПХИ реактивный газ ионизируется столкновением с выпущенными электронами. Ионы реактивного газа химически реагируют с молекулами пробы (как протонные доноры), образуя ионы пробы. Ионное формирование при ПХИ является более «мягким», чем при электронной ионизации, вызывая меньшую фрагментацию. Эта реакция обычно дает высокое содержание молекулярных ионов в масс-спектре и, следовательно, часто используется для определения молекулярных весов проб.

В качестве реактивного газа в практике, как и в нашем случае, наиболее часто используется метан высокой чистоты. Метан при ПХИ производит ионы с почти любой молекулой пробы. Другие реактивные газы, такие как изобутан или аммиак, являются более селективными и вызывают меньшую фрагментацию. Вследствие высокого фона от ионов реактивного газа, ПХИ не является особенно чувствительной техникой, а пределы обнаружения конкретного вещества обычно высоки.

Существуют четыре фундаментальных ионизационных процесса, которые происходят во время ПХИ при вакууме в диапазоне 0,8–2,0 мм рт. ст. Это перенос протонов, отделение гидридов, добавление и обмен зарядами.

Простая картина фрагментации, большая концентрация иона [MН]⁺ и присутствие двух аддуктивных ионов являются характеристическим явлением ПХИ с использованием метана как реактивного газа. Однако присутствие воздуха или воды в системе, особенно в присутствии калибрующего высокогидрофильного перфтортрибутиламина (стандартный калибратор масс-селективного детектора Agilent 7000B GC/MS Triple Quad), быстро загрязняет ионный источник.

Если протонное средство анализируемого вещества (пробы или аналита) больше, чем средство реактивного газа, то протонированный реактивный газ переносит свой протон к анализируемому веществу, образуя положительно заряженный ион.

Таблица 3 — Оптимальные параметры хроматографического разделения бис(2-N,N-диалкиламиноэтил)дисульфидов (1, 2) для хроматографа Agilent 7890A

Параметр хроматографического разделения	Значение параметра
Ввод пробы	с помощью автосамплера Agilent 7693A
Режим ввода пробы	без разделения потока (Splitless)
Тип ввода пробы	вертикальный
Режим программирования температуры термостата	40 °С – 1 мин, нагрев от 40 °С до 280 °С со скоростью 10 °С/мин, плато 280 °С – 5 мин
Общее время разгонки	30 мин
Температура инжектора	280 °С
Температура интерфейса	290 °С
Газ-носитель	гелий высокой чистоты
Скорость потока гелия через колонку	постоянная, 1 мл/мин
Скорость и время потока гелия после разгонки	60 мл/мин в течение 2 мин
Вакуум внешнего насоса, мм рт. ст.	$(2,18-2,23) \times 10^{-1}$
Вакуум внутреннего турбонасоса, мм рт. ст.	$(7,24-7,77) \times 10^{-5}$
Скорость потока гелия через септу	3 мл/мин
Объем вводимой пробы	1 мкл
Число промываний иглы шприца абсолютным хлористым метиленом (до ввода пробы и после)	6

Наиболее часто используемым примером в ПХИ является перенос протона от $[\text{CH}_5]^+$ к молекулярной пробе, что приводит к протонированному молекулярному иону $[\text{MH}]^+$.

Относительное протонное сродство реактивного газа и аналита определяет реакцию переноса протонов. Если аналит имеет более высокое протонное сродство, чем реактивный газ, то перенос протона может иметь место. Метан является наиболее часто используемым реактивным газом потому, что его протонное сродство очень мало.

Спектры масс, генерируемые реакцией переноса протонов, зависят от нескольких критериев. Если различие в протонном сродстве велико (как с метаном), в протонированном молекулярном ионе может присутствовать существенный избыток энергии. Это обстоятельство может приводить к последующей (более дробной) фрагментации.

При формировании реагентных ионов могут образовываться различные ионы, имеющие высокое сродство к иону гидрида $[\text{H}]^-$. Если сродство к гидридному иону реагентного иона выше, чем такое же сродство иона, образованного потерей аналитом $[\text{H}]^-$, то термодинамика более благоприятна для данного процесса химической ионизации. Это экзотермическая реакция, поэтому часто наблюдается фрагментация иона $[\text{M-H}]^+$.

Для многих аналитов реакции переноса протонов и отделения гидридов не являются термодинамически благоприятными. В этих случаях ионы реактивного газа часто явля-

ются достаточно активными для соединения с молекулами аналита посредством конденсации или ассоциации (реакции добавления). Результирующие ионы называются аддуктивными ионами. Аддуктивные ионы наблюдаются при метановой химической ионизации по присутствию ионов $[\text{M}+\text{C}_2\text{H}_5]^+$ и $[\text{M}+\text{C}_3\text{H}_5]^+$, и приводят к образованию пиков $[\text{M}+29]$ и $[\text{M}+41]$ m/z, соответственно, что и наблюдается при проведении масс-спектрометрического анализа в настоящем исследовании (рисунок 1).

При проведении масс-спектрометрического детектирования в качестве реакционного газа использовали метан высокой чистоты российского производства. Для ячейки соударений также использовался азот высокой чистоты.

Для определения низких концентраций (ниже 5 нг/мл) дисульфидов (1, 2) и поиска максимальной интенсивности сигнала и отклика трехквadrупольного масс-селективного детектора сначала проводили детектирование в режиме «полного» MS-сканирования («MS1SCAN»), который является наиболее «грубым» по сравнению с другими режимами – MS/MS-сканирования по выделенным ионам или соответствующим энергетическим масс-переходам. Проведя серию предварительных экспериментов по анализу проб в режиме «MS1SCAN» при достаточно высокой концентрации аналитов (1, 2) – 5 ppm, получили оптимальные параметры детектирования исследуемых соединений (1, 2).

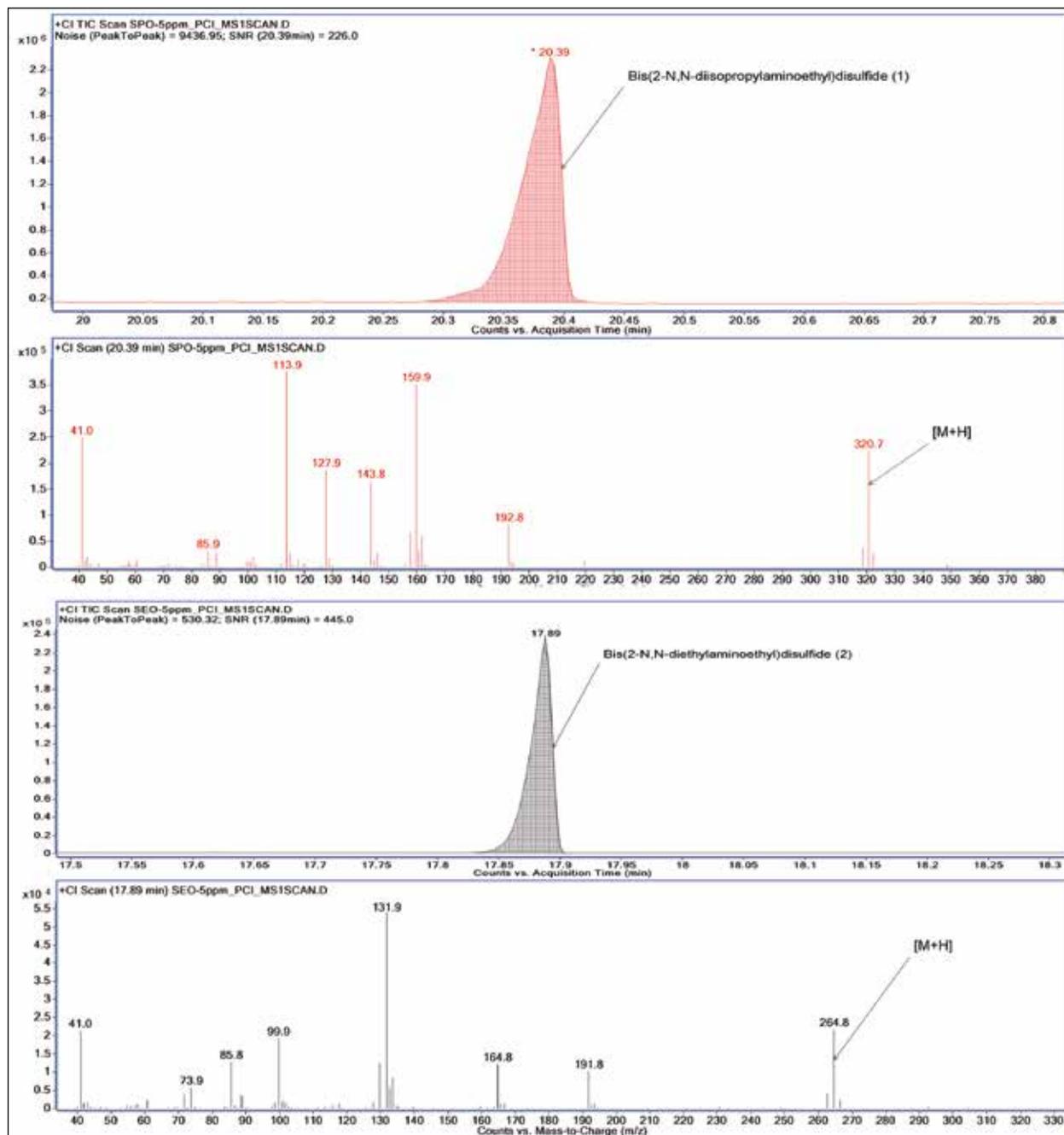


Рисунок 1 — Хроматограммы (по полному ионному току) и масс-спектры исследуемых бис(2-N,N-диалкиламиноэтил)дисульфидов (1, 2) при концентрации обоих веществ 5 ррт в растворе хлористого метилена в режиме «полного» МС-сканирования («MS1SCAN»)

Оптимальные параметры масс-детектирования исследуемых соединений приведены в таблице 4.

На основании полученных предварительных данных газохроматографического разделения и масс-спектрометрического детектирования был составлен и введен в базу данных соответствующий метод, который позволил получить следующие хроматограммы и масс-спектры исследуемых бис(2-N,N-диал-

киламиноэтил)дисульфидов (1, 2) в режиме «полного» МС-сканирования («MS1SCAN») (рисунок 1).

Графическое представление масс-спектров и хроматограмм дисульфидов (1, 2) также должно быть выполнено в соответствии с рекомендациями и критериями, установленными ОЗХО для проведения ежегодных международных профессиональных тестов [7].

Таблица 4 — Оптимальные параметры для масс-детектирования бис(2-N,N-диалкиламиноэтил)-дисульфидов (1, 2) с помощью масс-селективного детектора Agilent 7000B GC/MS Triple Quad

Параметр масс-селективного детектирования	Значение параметра
Режим детектирования	«MS1SCAN»
Полярность химической ионизации	Положительная
Газ-реагент для химической ионизации	Метан
Газ ячейки соударений	Азот
Температура источника ионов	250 °С
Температура переднего квадруполя	150 °С
Температура заднего квадруполя	150 °С
Диапазон сканируемых масс	35–550
Время сканирования	5,2–9,8 циклов/с (35–51 мс/цикл)
Скорость потока азота в ячейку соударений	1,5 см ³ /мин
Скорость потока метана	1,0 см ³ /мин
Масс-разрешение	Режим работы unit
Шаг сканирования	0,1 а.е.м.
Порог детектирования	100 условных ед.
Коэффициент усиления сигнала (в режиме работы – Gain)	10
Энергия эмиссии электронов	170–220 eV
Ширина пика	0,7 с

3. Критерии к графическому отображению и представлению хромато-масс-спектрометрических данных

В основу правил графического представления масс-спектров и хроматограмм любого исследуемого вещества, в том числе и изучаемых дисульфидов (1, 2), в качестве приложения к разрабатываемой методике целесообразно использовать критерии, установленные в ОЗХО для проведения ежегодных международных профессиональных тестов по анализу проб неизвестного состава [7].

Основные критерии:

1) Хроматографические данные должны иметь достаточное качество, чтобы они поддерживались результатами, полученными для каждого конкретного вещества, о котором представляются его характеристики ниже.

2) Используемый аналитический метод и оборудование должны позволять выполнять соответствующее разделение и обнаружение вещества с представлением только последовательной информацией об этих данных.

3) Представленные данные не должны содержать информацию вне требуемого минимума, подтверждающего качественные и количественные характеристики конкретного вещества. Отображение хроматографической информации также должно быть ограничено минимумом, необходимым для достоверного определения того или иного показателя хроматограммы.

4) Аналитический метод должен быть описан в достаточных деталях относительно применимого его аналитического описания.

5) Графическое отображение представляемых данных по хроматограммам и масс-спектрам должно идти в следующей последовательности:

- хроматограмма бланка растворителя;
- хроматограмма пробы исследуемого вещества;
- хроматограмма стандарта (или) справочного вещества;
- масс-спектр пробы исследуемого вещества;
- масс-спектр стандарта (или) справочного вещества.

3.1. Графическое отображение и представление хроматограмм

Критерии для представления данных хроматограммы для анализа GC-MS/MS, MRM, MS1SCAN в соответствии с требованиями ОЗХО должны иметь следующие критерии, определяющие графическое представление хроматограммы:

1) У сигналов (пиков) хроматограммы для вещества, о котором приводятся данные, справочного вещества, стандарта и т.д. должно быть соотношение сигнал пика/шум (SNR или S/N), по крайней мере, не менее 5:1.

2) Время удерживания хроматографического пика исследуемого вещества должно совпадать с временем удерживания стандарта или справочного вещества в пределах $\pm 0,1$ мин (если оно используется в отсутствие стандарта).

3) Хроматограммы «по полному ионному току» или «по выделенному иону(-нам)» бланка растворителя, самого исследуемого

вещества и справочного вещества (если применяется) должны быть представлены с подобными временными рамками с ясно видимыми параметрами удерживания и напечатаны только с помощью используемого приборного программного обеспечения.

4) Разница во времени удерживания для сигналов веществ (соответствующих пиков) в хроматограммах «по полному ионному току» или «по выделенному иону» бланка растворителя и справочного вещества (если оно применяется) должна составлять от 0,2 до 0,5 мин от времени удерживания самого исследуемого вещества, рекомендуемый интервал: $\pm 0,4$ мин.

5) Интенсивность сигнала (пика) хроматограммы «по полному ионному току» или «по выделенному иону(-нам)» бланка должна быть более, чем в 10 раз (рекомендуется в 12 раз) больше по сравнению с интенсивностью определяемого вещества. Хроматограмма должна быть ясно видимой (например, не вне масштаба). Альтернативно, в исходной хроматограмме бланка растворителя, имеющей сигналы (пики) других (побочных) веществ, данные сигналы в графическом отображении должны быть высотой не более 5 мм.

6) Хромато-масс-спектрометрическому анализу исследуемого вещества, стандарта или справочного вещества всегда должен предшествовать соответствующий (идентичный) анализ бланка растворителя с использованием одного и того же аналитического метода и настроек прибора. В зависимости от параметров настройки программного обеспечения, разница во времени введения (вкола шприцем) бланка растворителя и исследуемого (или справочного) вещества, т.е. времени начала получения и накопления данных с ПЭВМ, должна быть не более 3 часов. Графическое отображение времени начала анализа должно быть приведено на каждой хроматограмме только с использованием программного обеспечения прибора.

7) Интервал времени удерживания для сигнала исследуемого вещества (соответствующего пика) в хроматограммах «по полному ионному току» или «по выделенному иону», бланка растворителя и справочного вещества (если оно применяется) должен быть в пределах не более $\pm 0,1$ минуты и иметь соотношение сигнал/шум $S/N \geq 5$, а также не превышать 1 % интенсивности сигнала (пика) исследуемого вещества. Альтернативно, извлеченная хроматограмма «по выделенному иону(-нам)» также может использоваться, чтобы продемонстрировать, что в пробе бланка растворителя не содержится исследуемое вещество.

8) Графические данные хроматограммы «по выделенному иону(-нам)», если они представлены вместе с данными хроматограммы

«по полному ионному току» исследуемого вещества, должны быть однозначно связаны через имя (название) оригинального файла и параметрами времени удерживания, которые должны быть подписаны и обозначены графически с использованием программного обеспечения соответствующего прибора. Сигнал (пик) исследуемого вещества и справочного вещества (если оно применяется) также должен быть отображен с одинаковым соотношением m/z .

9) Типовой сигнал (пик) хроматограмм исследуемого вещества «по полному ионному току» или «по выделенному иону», бланка растворителя и справочного вещества (если оно применяется) должен составлять минимум 70 % полного масштаба по высоте шкалы Y (рекомендуемое значение – 85 %).

3.2. Графическое отображение и представление масс-спектров

Представление MS-данных для анализа в режимах GC-MS/MS, MRM, MS1SCAN в соответствии с требованиями ОЗХО должно иметь следующие критерии, определяющие графическое отображение масс-спектров:

1) Масс-спектры должны быть однозначно связаны через оригинальное название имени файла и одинаковые параметры времени удерживания представленных хроматограмм исследуемого вещества «по полному ионному току» или «по выделенному иону», бланка растворителя и справочного вещества (если оно применяется). Это обстоятельство должно обеспечивать неразрывную связь с применяемым методом и его аналитическим описанием идентичных соответствующих параметров и критериев.

2) Графическое отображение масс-спектров исследуемого вещества «по полному ионному току» или «по выделенному иону», бланка растворителя и справочного вещества (если оно применяется) должно соответствовать следующим требованиям:

отображение диапазона масс (m/z), соответствующее конкретному времени удерживания вещества на каждом масс-спектре, должно быть представлено в интервале: от ≤ 50 % от m/z определяемого сигнала иона (в сторону уменьшения шкалы m/z), и минимум $m/z+10$ от m/z сигнала иона (в сторону увеличения шкалы m/z);

изотопные ионные соотношения должны быть подходящими для предложенной структуры и представлены на масс-спектре;

масс-спектры исследуемого вещества «по полному ионному току» или «по выделенному иону», бланка растворителя и справочного вещества (если оно применяется) должны быть последовательными и соответствовать описанным

Выбор и оценка режимов хроматографического обнаружения...

параметрам и характеристикам проводимого анализа, указанным на хроматограммах;

сигнал определяемого иона должен быть графически обозначен (подписан) на всех масс-спектрах, кроме бланка растворителя.

3) Идентификацию масс-спектрального анализа в режимах GC-MS/MS, MRM, MS1SCAN должны определять следующие критерии:

в случае сравнения со спектром справочного вещества масс-спектр должен быть представлен в том же самом формате и критических рамках, как и типовой спектр исследуемого вещества, сигнал соответствующего иона также должен быть графически обозначен;

для корректной спектральной интерпретации масс-спектр справочного вещества также должен быть представлен и показан графически с помощью программного обеспечения используемого прибора;

отображение диапазона масс (m/z), соответствующее конкретному времени удерживания вещества на масс-спектре справочного вещества, должно быть представлено в интервале: от $\leq 50\%$ от m/z определяемого сигнала иона (в сторону уменьшения шкалы m/z), и минимум $m/z+10$ от m/z сигнала иона (в сторону увеличения шкалы m/z);

масс-спектр справочного вещества должен быть представлен и отображен графически в том же самом формате и в таких же рамках, как масс-спектр исследуемого вещества, при этом соответствующий ион должен быть обозначен и показан;

на отображении масс-спектра справочного вещества должна быть приведена и объяснена фрагментация данного вещества и обозначены наиболее интенсивные ионы.

4. Предварительное хромато-масс-спектрометрическое исследование

В целях проведения дальнейшего исследования проб соединений (1, 2) с раз-

личными концентрациями были присвоены шифры «SPO» и «SEO» соответственно.

Очередным этапом исследования явилось определение наиболее интенсивных сигналов масс-спектров исследуемых дисульфидов (1, 2) для последующей разработки оптимальных способов масс-спектрометрического детектирования в режимах МС/МС-сканирования по выделенным ионам и (или) масс-энергетическим переходам.

Анализ представленных выше хроматограмм и масс-спектров (рисунок 1) позволил определить основные показатели для исследуемых дисульфидов (1, 2) и выделить дочерние ионы с максимальной интенсивностью, полученные в режиме «полного» МС-сканирования («MS1SCAN») (таблица 5).

Дальнейшие исследования были направлены на получение спектров дочерних ионов (продукт-ионов) и оптимизацию работы тандемного масс-спектрометра Agilent 7000B GC/MS Triple Quad. Для этого масс-спектрометр переводился в режим сканирования продукт-ионов (согласно руководству по эксплуатации масс-спектрометра).

По предварительным данным, опытным путем было установлено, что дальнейшее проведение анализа исследуемых дисульфидов (1, 2) в режиме «полного» МС-сканирования («MS1SCAN»), а также режима МС/МС-сканирования «Product Ion SCAN» (проведение поиска дочерних ионов по отношению к выделенному прекурсор-иону) для концентраций веществ в растворах менее 0,5 ppm представлялось нецелесообразным в связи с полученными низкими соотношениями сигнал/шум (SNR менее 5:1) [7]. На основании этого дальнейшие исследования для определения предела обнаружения дисульфидов (1, 2) в воде и в водных растворах проводили с помощью наиболее «чувствительного» режима МС/МС-детектирования – MRM (мо-

Таблица 5 — Основные показатели хроматограмм и масс-спектров, полученных в режиме «полного» МС-сканирования («MS1SCAN») для исследуемых дисульфидов (1, 2)

Показатель	Бис(2-N,N-диизопропиламиноэтил) дисульфид (1), шифр «SPO»	Бис(2-N,N-диэтиламиноэтил) дисульфид (2), шифр «SEO»
Время удерживания, RT, мин	20,39	17,89
Соотношение сигнал/шум, SNR, усл.ед	226	445
Квазимолекулярный (прекурсор) ион $[M+H]^+$, m/z	320,7	264,8
Наиболее интенсивные дочерние (продукт-) ионы в масс-спектре, m/z	113,9 (100); 159,9; 127,9	131,9 (100); 99,9; 164,8

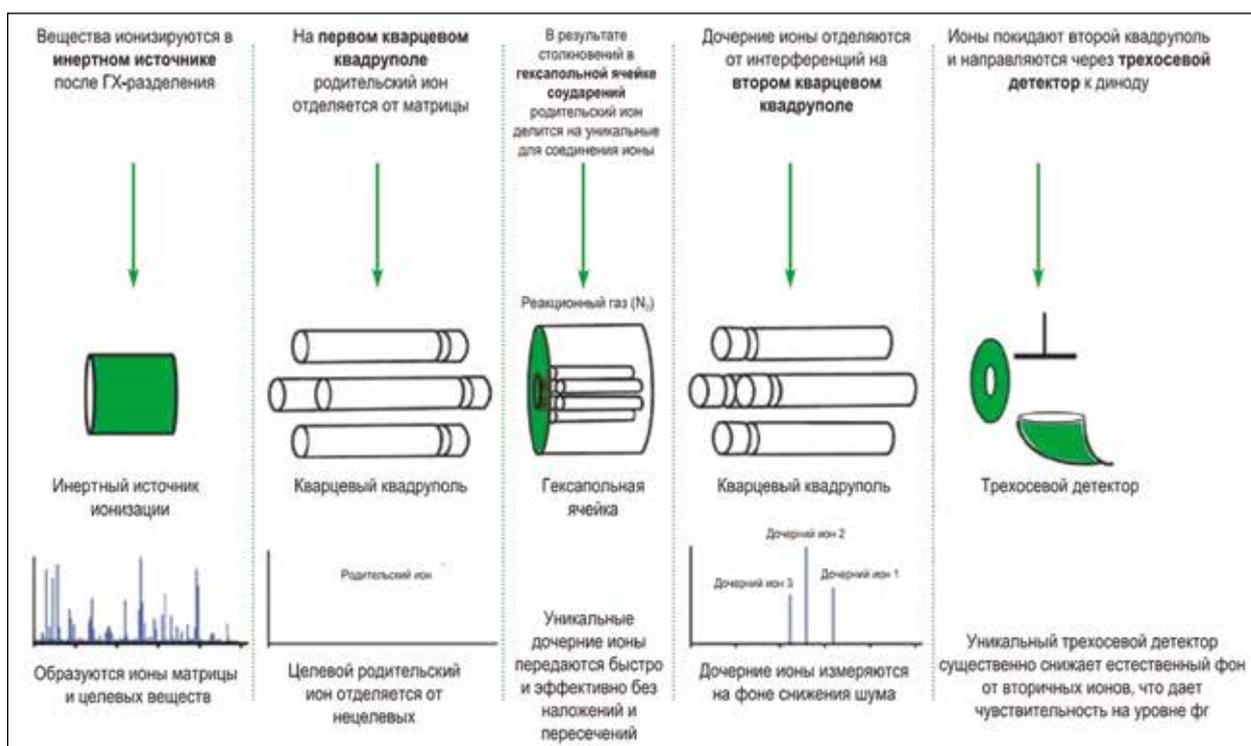


Рисунок 2 — Схема работы трехкварцупольного детектора Agilent 7000B GC/MS Triple Quad в режимах «Product Ion SCAN» и «MRM»

нитинг множественных реакций или поиск и определение вещества по наиболее интенсивным и выделенным масс-энергетическим переходам) [8].

Известно, что при использовании ГХ/МС/МС-сканирования в режиме MRM происходит сначала разделение пиков по массе на первом квадруполе, уникальная для каждого иона диссоциация в ячейке соударений и разделение полученных ионов по соответствующим (выделенным) массам – на втором квадруполе, что обеспечивает значительно большую селективность, даже если анализируемое соединение и матрица дают на первом этапе ион с одинаковым m/z [8] (рисунок 2).

Предельная чувствительность используемого в данном случае МС/МС-детектора Agilent 7000B GC/MS Triple Quad в условиях метановой положительной химической ионизации составляет сигнал/шум – 1:20 (ГХ-стандарт 1 пг бензофенона, регистрация 183 иона) [8].

Необходимо отметить, что в целом ГХ/МС/МС – система Agilent 7000B позволяет работать с высокой производительностью: новая версия программного обеспечения Mass Hunter Workstation и быстрый захват (до 500 реакций в секунду в режиме MRM-сканирования) позволяют автоматически определять больше веществ за одно исследование. ГХ/МС/МС система Agilent 7000B построена

на основе проприетарного кварцевого квадрупольного анализатора с гиперболической поверхностью электродов и многослойным композитно-золотым покрытием. Она позволяет работать даже при температурах до 200 °С даже с самыми грязными образцами, что значительно увеличивает срок эксплуатации прибора без необходимости его обслуживания. В данном случае ключевая особенность масс-спектрометрии заключается в том, что селективность определяется уникальностью каждого отношения масса-заряд (m/z), а также пропорциональна спектральному разрешению и в общем случае – массовому разрешению.

Для оценки воспроизводимости результатов анализа аликвоты проб веществ (1, 2) с концентрацией 20 нг/мл анализировали три раза. Перед вводом каждой контрольной пробы осуществляли проверку чистоты хроматографической системы путем ввода и сравнительного анализа бланковой пробы (хлористый метилен).

Расчет зависимости интенсивности сигнала (Int) от показателя энергии ячейки соударений (CE) проводили для значений концентрации пробы $C=1$ нг/мл дисульфидов (1, 2) с использованием лицензионного программного обеспечения для математической и статистической обработки данных [9, 10].

Полученные экспериментальные зависимости интенсивности сигнала (Int) от показателя

Выбор и оценка режимов хроматографического обнаружения...

теля энергии ячейки соударений (CE) для дисульфидов (1, 2) представлены в таблицах 6, 7 и на рисунках 3, 4 соответственно.

В случае же одноквадрупольного ГХ/МС, если матрица дает ион с таким же m/z , как у объекта исследования, создается неразрешимое перекрытие пиков. В результате вычисленное количество необходимого соединения будет ошибочно завышено. При использовании ГХ/МС с тройным квадруполем в режиме MRM происходит сначала разделение пиков по массе на первом квадруполе, уникальная для каждого иона диссоциация в ячейке столкновений и разделение полученных ионов по массам на втором квадруполе, что обеспечивает значительно большую селективность, даже если анализируемое соединение и матрица дают на первом этапе ион с одинаковым m/z .

5. Выбор оптимальных параметров и характеристик хроматографического разделения и МС/МС-сканирования для бис(2-N,N-диалкиламиноэтил)дисульфидов (1, 2)

Для выбора приемлемых параметров МС/МС-сканирования бис(2-N,N-диалкиламиноэтил)дисульфидов (1, 2) с помощью масс-селективного детектора в режиме MRM использовали данные температурного режима и настроек МС/МС-детектора Agilent 7000B GC/MS Triple Quad, указанные в таблицах 3, 4.

Выбор параметров МС/МС-сканирования дисульфидов (1, 2) базировался на поиске оптимальной энергии ячейки соударений (Collision Energy, далее – CE) детектора. На основании данных литературы и технических характеристик масс-селективного детектора Agilent 7000B GC/MS Triple Quad было

установлено, что наибольший отклик данного детектора (селективность тандемного МСД) при анализе сверхнизких концентраций органических соединений, содержащих в своей структуре гетероатомы, наблюдается в интервале 2–30 eV энергии ячейки соударений и коэффициентом усиления сигнала (Gain) 5–100 [8].

Определение оптимальной энергии ячейки соударений исследуемых дисульфидов (1, 2) проводили в условиях эксперимента в шаг с разницей 5 eV. При варьировании показателем энергии ячейки соударений (CE) и коэффициентом усиления сигнала (Gain) исследовались следующие масс-энергетические переходы (m/z), интенсивность сигнала которых при проведенном ранее МС-сканировании являлась наиболее высокой:

для дисульфида (1) –
320,7→113,9; 320,7→159,9; 159,9→127,9;

для дисульфида (2) –
264,8→131,9; 264,8→99,9; 164,8→131,9

соответственно.

Необходимо отметить, что увеличение коэффициента усиления сигнала (Gain) при проведении анализов веществ со сверхнизкими концентрациями приводит к существенному снижению соотношения показателя сигнал/шум (SNR менее 1:5), что, в конечном итоге, приводит к низкой интенсивности масс-сигнала аддуктивных ионов и отрицательным результатам по установлению структуры и идентификации вещества. В результате проведенного ряда предварительных анализов оказалось, что наиболее оптимальным коэффициентом усиления сигнала (Gain) в выбранных условиях является значение, равное 10. Диапазон измерения концентраций исследу-

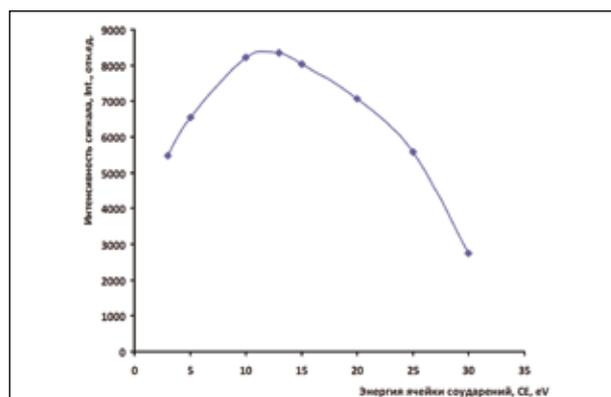


Рисунок 3 — График зависимости интенсивности сигнала (Int) основного масс-энергетического перехода m/z (320,7→113,9) от энергии ячейки соударений (CE) для дисульфида (1) с концентрацией пробы 1 нг/мл в режимах «Product Ion SCAN» и «MRM»

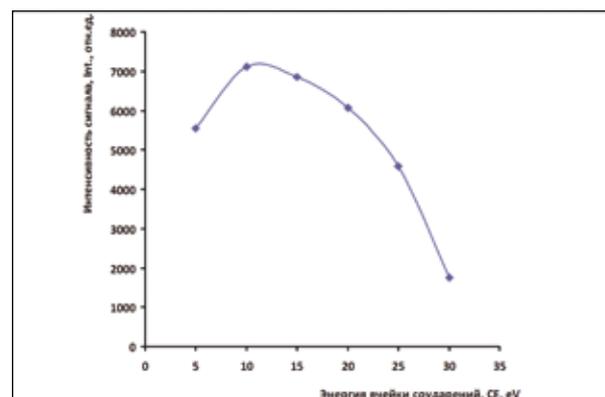


Рисунок 4 — График зависимости интенсивности сигнала (Int) основного масс-энергетического перехода m/z (264,8→131,9) от энергии ячейки соударений (CE) для дисульфида (2) с концентрацией пробы 1 нг/мл

емых веществ при этом составлял 1–20 нг/мл. Также в результате проведенных предварительных экспериментов были установлены оптимальные значения масс-энергетических переходов, при которых выявлена максимальная интенсивность сигнала (m/z) (в данных условиях режима МС/МС-анализа):

для дисульфида (1) – 320,7→113,9;

для дисульфида (2) – 264,8→131,9.

Полученные хроматограммы и масс-спектры бис(2-N,N-диалкиламиноэтил)дисульфидов (1, 2) при различных концентрациях представлены на рисунках 5, 6.

6. Математическая обработка полученных данных

На основании полученных в таблице 6 данных построили график зависимости интенсивности сигнала (Int) от показателя энергии ячейки соударений (CE) основного масс-энергетического перехода m/z (320,7→113,9) для дисульфида (1) (рисунок 3).

Проведенная математическая (статистическая) обработка данных с использованием ПЭВМ и стандартизированного программного обеспечения [9] позволила оценить полученные результаты, получить следующую зависимость и вывести уравнение:

$$Int(m/z(320,7 \rightarrow 113,9)) = -21,37(CE)^2 + 593,65(CE) + 4076,8,$$

где Int – интенсивность сигнала основного масс-энергетического перехода m/z (320,7→113,9), отн. ед.;

CE – энергия ячейки соударений, eV.

Дальнейшая математическая обработка данных и линии тренда данного графика позволила определить следующие основные статистические показатели полученной зависимости:

$$R^2 = 0,987; R = 0,98; \beta = -0,947; F = 529,9; df = 1,93; P = 0; B = 12,89; Std. error = 0,127.$$

Полученные показатели зависимости свидетельствуют о валидности полученной математической модели. Точка экстремума полученной функции соответствует максимальному значению интенсивности сигнала при наиболее оптимальной энергии ячейки соударений ($CE = 13$ eV), что соответствует экспериментальным данным.

Наложенная линия тренда на экспериментальную кривую коррелирует с полученной зависимостью с вероятностью более 0,98.

Аналогичное исследование было проведено с дисульфидом (2).

На основании полученных в таблице 7 данных построен график зависимости интенсивности сигнала (Int) от показателя энергии ячейки соударений (CE) основного масс-энергетического перехода m/z (264,8→131,9) для дисульфида (2) (рисунок 7).

Проведенная математическая (статистическая) обработка данных [9, 11] с помощью стандартизированного программного обеспечения на ПЭВМ позволила оценить полученные результаты, получить следующую зависимость и вывести математическое уравнение:

$$Int(m/z(264,8 \rightarrow 131,9)) = -19,217(CE)^2 + 516,19(CE) + 3572,9,$$

где: Int – интенсивность сигнала основного масс-энергетического перехода m/z (264,8→131,9), отн. ед.;

CE – энергия ячейки соударений, eV.

Дальнейшая математическая обработка данных и линии тренда данного графика позволила определить следующие статистические показатели полученной зависимости:

$$R^2 = 0,9954; R = 0,9868; \beta = -0,9347; F = 534,5; df = 1,92; P = 0; B = 12,94; Std. error = 0,131.$$

Полученные показатели зависимости свидетельствуют о валидности полученной математической модели. Точка экстремума полученной функции соответствует максимальному значению интенсивности сигнала при наиболее оптимальной энергии ячейки соударений ($CE = 10$ eV), что соответствует экспериментальным данным.

Наложенная линия тренда на экспериментальную кривую коррелирует с полученной расчетной зависимостью с вероятностью более 0,99.

Очередным этапом исследования явилось определение пределов обнаружения минимальных значений сверхнизких концентраций анализируемых дисульфидов (1, 2) в воде и в водных растворах.

Во всех случаях принималось приближительное минимальное значение соотношения сигнал/шум (SNR), равное или большее 5 [8–12]. При меньшем значении данного показателя идентификация вещества не является достоверной в связи с сопоставимостью величин интенсивностей примесей (шум) и самого определяемого вещества. Соотношение сигнал/шум (SNR) и площади хроматографических пиков дисульфидов (1, 2) рассчитаны

Выбор и оценка режимов хроматографического обнаружения...

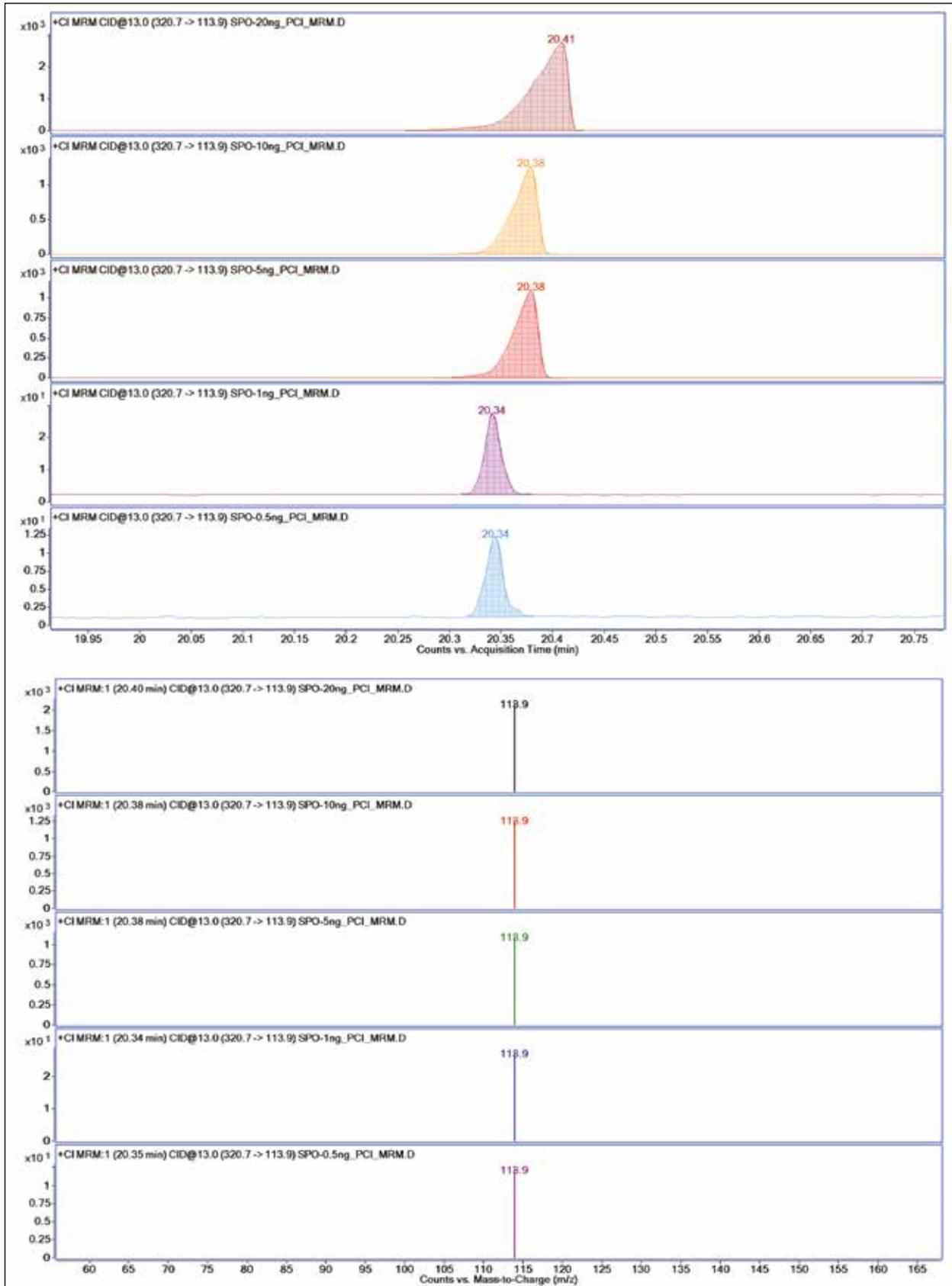


Рисунок 5 — Хроматограммы по выделенному основному масс-энергетическому переходу m/z (320,7 \rightarrow 113,9) и MRM-масс-спектры бис(2-*N,N*-диизопропиламиноэтил)дисульфида (1) при концентрациях 0,5–20 нг/мл (RT = 20,34–20,41 мин, CE = 13 эВ, коэффициент усиления сигнала Gain = 10)

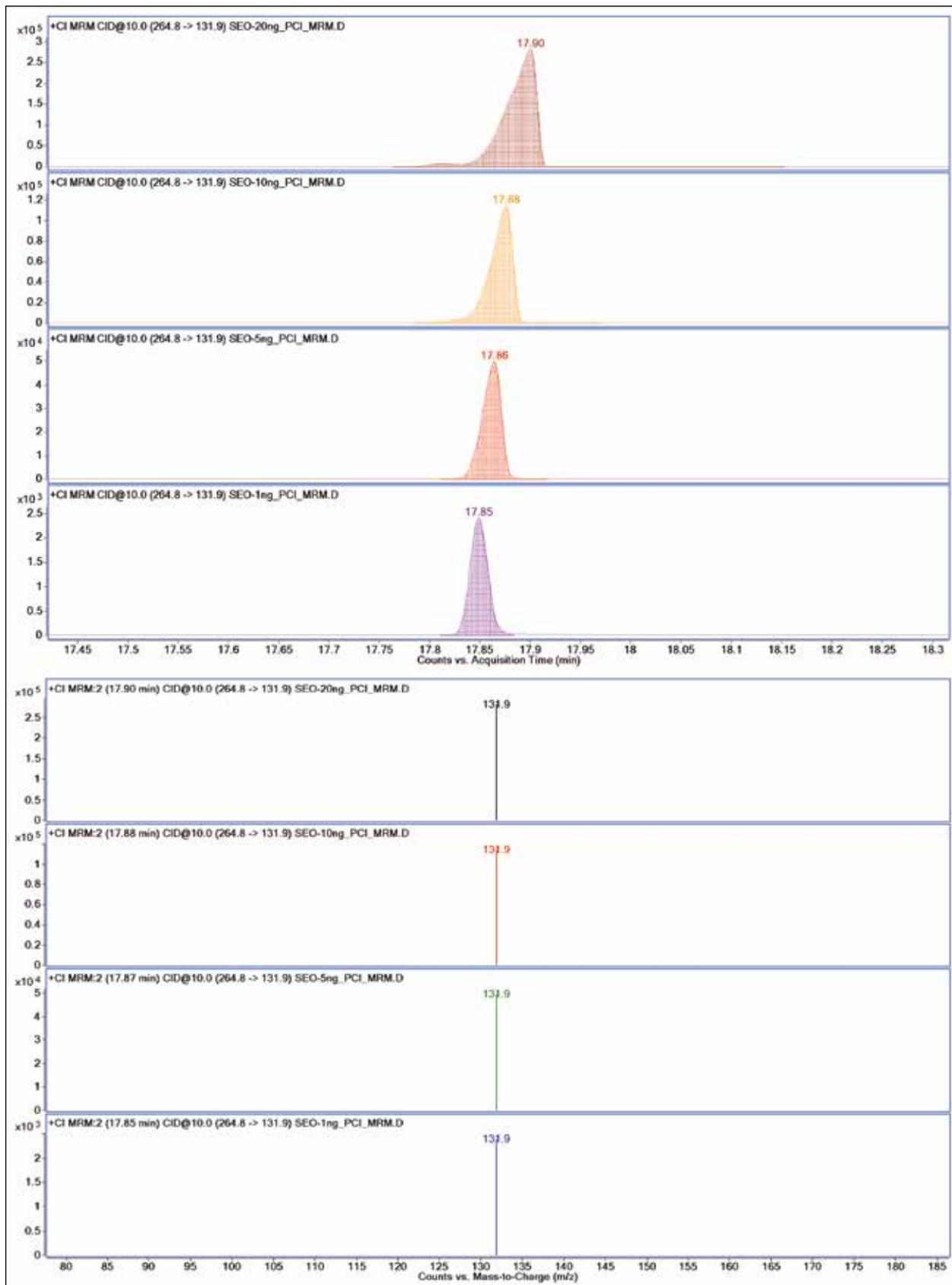


Рисунок 6 — Хроматограммы по выделенному основному масс-энергетическому переходу m/z (264,8→131,9) и MRM-масс-спектры бис(2-*N,N*-диэтиламиноэтил)дисульфида (2) при концентрациях 1–20 нг/мл ($RT = 17,85$ – $17,89$ мин, $CE = 10$ eV, коэффициент усиления сигнала $Gain = 10$)

Выбор и оценка режимов хроматографического обнаружения...

Таблица 6 — Интенсивность сигнала (*Int*) основного масс-энергетического перехода *m/z* (320,7→113,9) от показателя энергии ячейки соударений (*CE*) для дисульфида (1) с концентрацией пробы 1 нг/мл

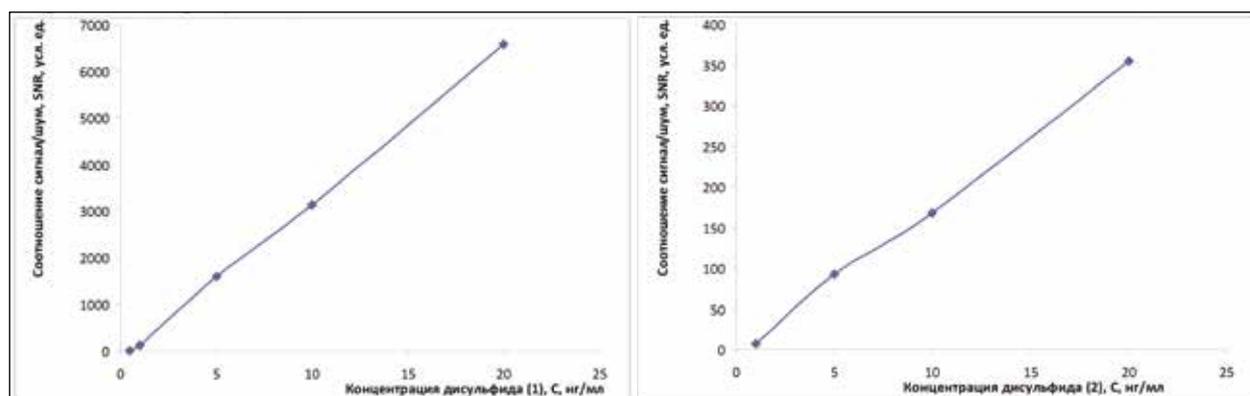
Интенсивность сигнала (<i>Int</i>), усл. ед.	6546,6	8224,5	8045,3	7067,2	5583,6	2750,9
Энергия ячейки соударений (<i>CE</i>), eV	5	10	15	20	25	30

Таблица 7 — Интенсивность сигнала (*Int*) основного масс-энергетического перехода *m/z* (264,8→131,9) от показателя энергии ячейки соударений (*CE*) для дисульфида (2) с концентрацией пробы 1 нг/мл

Интенсивность сигнала (<i>Int</i>), усл. ед.	5543,6	7124,5	6849,7	6067,2	4583,6	1750,9
Энергия ячейки соударений (<i>CE</i>), eV	5	10	15	20	25	30

Таблица 8 — Отношение показателей сигнал/шум (*SNR*) от концентрации исследуемых дисульфидов (1, 2)

Бис(2-N,N-диизопропиламиноэтил)дисульфид (1)					
Концентрация, С, нг/мл	0,5	1	5	10	20
Отношение сигнал/шум, SNR, усл. ед.	5,19	116,7	1596,4	3123,1	6570,6
Площадь пика, S, усл. ед. (хроматограмма масс-энергетического перехода <i>m/z</i> (320,7→113,9))	11,2	29	184,8	215,2	665,9
Бис(2-N,N-диэтиламиноэтил)дисульфид (2)					
Концентрация, С, нг/мл	–	1	5	10	20
Отношение сигнал/шум, SNR, усл. ед.	–	6,199	92,25	167,67	354,26
Площадь пика, S, усл. ед. (хроматограмма масс-энергетического перехода <i>m/z</i> (264,8→131,9))	–	3,029	62,02	88,17	180,63

**Рисунок 7** — Графики зависимости показателей сигнал/шум (*SNR*) от концентрации исследуемых дисульфидов (1, 2)

с помощью соответствующего программного обеспечения [9] и приведены в таблице 8.

После проведения анализа полученных выше результатов, представленных в таблице 8, и используя программное обеспечение для математической обработки данных [9–16], были

построены соответствующие графики зависимости показателей сигнал/шум (*SNR*) от концентрации исследуемых дисульфидов (1, 2) (рисунок 7).

В результате математической обработки данных построенной зависимости и

Таблица 9 — Математическая обработка зависимости показателей сигнал/шум (SNR) от концентрации исследуемых дисульфидов (1, 2) и основные статистические критерии полученных уравнений

Бис(2-N,N-диизопропиламиноэтил)дисульфид (1)								
Уравнение зависимости показателей сигнал/шум (SNR) от концентрации вещества, С, нг/мл	SNR = 336,55С - 174,45							
Основные статистические критерии математической зависимости	R ²	R	β	F	d _f	P	B	Std. error
Значение критерия	0,9964	0,9868	- 0,953	564,1	1,97	0	11,37	0,031
Бис(2-N,N-диэтиламиноэтил)дисульфид (2)								
Уравнение зависимости показателей сигнал/шум (SNR) от концентрации вещества, С, нг/мл	SNR = 18,049С - 7,3484							
Основные статистические критерии математической зависимости	R ²	R	β	F	d _f	P	B	Std. error
Значение критерия	0,9979	0,9795	-0,966	532,8	1,98	0	12,48	0,018

линии тренда, определим основные статистические критерии полученных уравнений (таблица 9).

7. Анализ полученных данных и выводы

Судя по приведенным выше полученным критериям математического анализа уравнений, построенные экспериментальные зависимости совпадают с расчетными с низкой степенью статистической ошибки: для дисульфида (1) – 3,1 %, для дисульфида (2) – 1,8 % соответственно.

Исходя из полученных уравнений математической зависимости сигнал/шум (SNR) от концентрации исследуемых дисульфидов (1, 2),

приведенных в таблице 9, рассчитали пределы концентраций по обнаружению данных веществ в воде и в водных растворах:

для бис(2-N,N-диизопропиламиноэтил)дисульфида (1) – 0,533±0,003 нг/мл;

для бис(2-N,N-диэтиламиноэтил)дисульфида (2) – 0,68±0,002 нг/мл.

Полученные результаты могут быть использованы при разработке методики определения бис(2-N,N-диалкиламиноэтил)дисульфидов в воде и в водных растворах методом газовой хроматографии с применением tandemного масс-селективного детектирования (ГХ/МС-ПХИ и ГХ/МС/МС-ПХИ).

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.

Список источников

1. Александров В.Н., Емельянов В.И. Отравляющие вещества: учебное пособие. 2-е изд., перераб., и доп. М.: Воениздат, 1990. 271 с.
2. Основные физико-химические свойства отравляющих веществ. Сборник. URL: <http://www.chemnet.com>.
3. Арбузов А.Е. О строении фосфористой кислоты и ее производных. Журнал Русского физико-химического общества. Часть химическая. 1906. Т. 38. С. 637.
4. Рубцов М.В., Байчиков А.Г. Синтетические химико-фармацевтические препараты: справочник. М.: Медицина, 1971.
5. J. Chromatogr A. 2002. V. 942. P. 1–9.
6. Органикум: практикум в 2 т., Т. 1: Пер. с нем. М.: Мир, 1992. 487 с.
7. Рекомендации ОЗХО № QDOC/LAB/WI/PT04. 2014. Issue № 1, rev. № 4. P. 40–46.
8. Руководство пользователя работы с газовым хроматографом «Agilent 7890A» и масс-селективным детектором «Agilent 7000B GC/MS Triple Quad». Фирма Agilent, США. 2013.
9. Программное обеспечение для математических расчетов «Mathcad», Add-In for Excel. Руководство по эксплуатации ver. 15.0.2 for Windows 7,8,XP, Microsoft&Co, 2013.
10. Tsuchihashi H., Katagi M., Nishikawa M., Tatsuno M. Identification of metabolites of nerve agent VX in serum collected from a victim // J. Anal. Toxicol. 1998. V. 22(5). P. 383–388. doi.org/10.1093/jat/22.5.383
11. Tu A.T. J. Mass Spectrom // Soc. Jpn. 1996. V. 44. P. 293.
12. Barr R., Driskell W., Aston L.S., Martinez R.A. Quantification of metabolites of the nerve agents sarin, soman, cyclohexylsarin, VX, and Russian VX in human urine using isotope-dilution gas chromatography-tandem mass spectroscopy // Anal. Toxicol. 2004. V. 28. P. 372–378.
13. Black R.M., Clarke R., Read R.W., Reid M.T. Application of gas-chromatography mass-spectrometry and gas-chromatography tandem mass-spectrometry to the analysis of chemical warfare samples, found to contain residues of the nerve agent sarin, sulfur mustard and their degradation products // J. Chromatogr. A. 1994. V. 662. P. 301–321.
14. Lakso S. Trace determination of alkyl methylphosphonic acids in environmental and biological samples using gas-chromatography negative-ion chemical ionization mass spectrometry and tandem mass spectrometry // Mass Spectrom. 1995. V. 30. P. 1133–1143.
15. Black R.M., Read R.W. Application of liquid chromatography-atmospheric pressure chemical ionisation mass spectrometry, and tandem mass spectrometry, to the analysis and identification of degradation products of chemical warfare agents // J. Chromatogr. A. 1997. V. 759. P. 79–92.
16. Black R.M., Read R.W. Analysis of degradation products of organophosphorus chemical warfare agents and related compounds by liquid chromatography mass spectrometry using electrospray and atmospheric pressure chemical ionisation // Chromatogr. A. 1998. V. 794. P. 233–244.

Об авторах

Федеральное государственное бюджетное учреждение «27 Научный центр» Министерства обороны Российской Федерации, 105005, г. Москва, Бригадирский переулок, 13.

Корнеев Дмитрий Олегович. Старший научный сотрудник отдела, канд. хим. наук, доцент.

Петракова Лидия Васильевна. Научный сотрудник отдела.

Понсов Михаил Александрович. Старший научный сотрудник отдела, канд. хим. наук, доцент.

Родионов Александр Анатольевич. Старший научный сотрудник отдела, канд. техн. наук, профессор АВН.

Адрес для переписки: Корнеев Дмитрий Олегович; 27nc_1@mil.ru

Choice and Evaluation of Chromatographic Determination Regimes of Bis(2-N,N-dialkylaminoethyl)disulfides Using Mass Spectrometry

D.O. Korneev, L.V. Petrakova, M.A. Ponsov, A.A. Rodionov

Federal State Budgetary Establishment «27 Scientific Centre» of the Ministry of Defence of the Russian Federation, Brigadirskii Lane 13, Moscow 105005, Russian Federation

The article is dedicated to the elaboration of highly sensitive method for the detection of bis(2-N,N-dialkylaminoethyl)disulfides – hydrolysis (degradation) products of highly toxic organophosphorus nerve agents like VX and their analogues. These compounds are subject to the complete prohibition and destruction in accordance with the Convention on the Prohibition of the Development, Production, Stockpiling and Use of Chemical Weapons and on Their Destruction. Thus their detection is of great importance for the monitoring of the compliance with the Convention. The search for the optimum conditions for the chromatographic separation and mass-selective detection for these compounds is based on the OPCW recommendations for the annual international Proficiency Tests. We use gas chromatography as a separation technique. The objects of the research are the homologous organic compounds – bis(2-N,N-diisopropylaminoethyl)disulfide (hydrolysis product of VX-gas) and bis(2-N,N-diethylaminoethyl)disulfide (hydrolysis product of VR-gas). The optimum way of sample preparation is the organic extraction of disulfides from aqueous solution using methylene chloride. During the practical experiments we found out that the most sensitive devices for the detection of bis(2-N,N-dialkylaminoethyl)disulfides were the gas chromatograph Agilent 7890A together with the mass selective detector Agilent 7000B GC/MS Triple Quad and the licenced software Mass Hunter Workstation Software, Qualitative and Quantitative Analysis, version B.04.00. Using the proposed approach, the detection limits of bis(2-N,N-diisopropylaminoethyl)disulfide and bis(2-N,N-diethylaminoethyl)disulfide in water bodies were found to be $0,533\pm 0,003$ ng/ml, and $0,68\pm 0,002$ ng/ml, respectively.

Keywords: *Convention; mass spectrometric detection; poisonous substances; sample preparation; toxic chemicals; chemical weapons; chromatographic peak; chromatographic separation; environmental study.*

For citation: *Korneev D.O., Petrakova L.V., Ponsov M.A., Rodionov A.A. Choice and Evaluation of Chromatographic Determination Regimes of Bis(2-N,N-dialkylaminoethyl)disulfides Using Mass Spectrometry // Journal of NBC Protection Corps. 2017. V. 1. № 4. P. 5–23.*

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.

References

1. Alexandrov V.N., Emelyanov V.I. Poisonous substances: a study guide. 2nd edition, revised and enlarged. Moscow: Voenizdat, 1990. 271 p. (in Russian).
2. Main physico-chemical properties of poisonous substances: collected volume. URL: <http://www.chemnet.com> (in Russian).
3. Arbuzov A.E. Phosphorous acid and its derivatives // Journal of the Russian physical and chemical society. Chemical part. 1906. V. 38. P. 637 (in Russian).
4. Rubtsov M.V., Baychikov A.G. Synthetic pharmaceutical chemicals: guide. Moscow. Medicine, 1971 (in Russian).
5. J. Chromatogr. A. 2002. V. 942. P. 1–9.
6. Organicum: practicum in 2 vols., V. 1: Transl. from Germ. Moscow: Mir, 1992. 487 p. (in Russian).
7. OPCW recommendations № QDOC/LAB/WI/PT04: recommendations. 2014. Issue № 1, rev. № 4. P. 40–46 (in Russian).
8. «Agilent 7890A» manual and «Agilent 7000B GC/MS Triple Quad» manual. Agilent, USA. 2013 (in Russian).
9. Software «Mathcad», Add-In for Excel: manual ver. 15.0.2 for Windows 7,8,XP, Microsoft&Co, 2013 (in Russian).
10. Tsuchihashi H., Katagi M., Nishikawa M., Tatsuno M. Identification of metabolites of nerve agent VX in serum collected from a victim // J. Anal. Toxicol. 1998. V. 22(5). P. 383–388. doi.org/10.1093/jat/22.5.383
11. Tu A.T. J. Mass Spectrom // Soc. Jpn. 1996. V. 44. P. 293.
12. Barr R., Driskell W., Aston L.S., Martinez R.A. Quantification of metabolites of the nerve agents sarin, soman, cyclohexylsarin, VX, and Russian VX in human urine using isotope-dilution gas chromatography-tandem mass spectroscopy // Anal. Toxicol. 2004. V. 28. P. 372–378.
13. Black R.M., Clarke R., Read R.W., Reid M.T. Application of gas-chromatography mass-spectrometry and gas-chromatography tandem mass-spectrometry to the analysis of chemical warfare samples, found to contain residues of the nerve agent sarin, sulfur mustard and their degradation products // J. Chromatogr. A. 1994. V. 662. P. 301–321.
14. Lakso S. Trace Determination of alkyl methylphosphonic acids in environmental and biological samples using gas-chromatography negative-ion chemical ionization mass spectrometry and tandem mass spectrometry // Mass Spectrom. 1995. V. 30. P. 1133–1143.
15. Black R.M., Read R.W. Application of liquid chromatography-atmospheric pressure chemical ionisation mass spectrometry, and tandem mass spectrometry, to the analysis and identification of degradation products of chemical warfare agents // J. Chromatogr. A. 1997. V. 759. P. 79–92.
16. Black R.M., Read R.W. Analysis of degradation products of organophosphorus chemical warfare agents and related compounds by liquid chromatography mass spectrometry using electrospray and atmospheric pressure chemical ionisation // Chromatogr. A. 1998. V. 794. P. 233–244.

Authors

Federal State Budgetary Establishment «27 Scientific Centre» of the Ministry of Defence of the Russian Federation. Brigadirskii Lane 13, Moscow 105005, Russian Federation.

Korneev D.O. Senior Researcher of the Department. Candidate of Chemical Sciences, Associate Professor.

Petrakova L.V. Researcher of the Department.

Ponsov M.A. Senior Researcher of the Department. Candidate of Chemical Sciences, Associate Professor.

Rodionov A.A. Senior Researcher of the Department. Candidate of Technical Sciences, Professor of the Academy of Military Sciences.

Address: Korneev Dmitry Olegovich; 27nc_1@mil.ru

Новые подходы Организации по запрещению химического оружия в области лабораторного обеспечения контроля за нераспространением химического оружия

В.А. Игнатъев, Д.О. Корнеев, А.А. Родионов, В.Н. Фатеенков

Федеральное государственное бюджетное учреждение
«27 Научный центр» Министерства обороны Российской Федерации,
105005, Российская Федерация, г. Москва, Бригадирский переулок, д. 13

Поступила 01.12.2017 г. Принята к публикации 20.12.2017 г.

Развитие за рубежом исследовательских методов и производственных технологий двойного назначения, увеличение номенклатуры новых токсичных химикатов, а также технические возможности создания отравляющих веществ (ОВ) нового поколения, формально не запрещенных действующей Конвенцией о запрещении разработки, производства, накопления и применения химического оружия и его уничтожении, создают новые угрозы распространения химического оружия. Это обстоятельство, в свою очередь, заставляет иметь не только правовые возможности, но и соответствующее лабораторное обеспечение для контроля за нераспространением. Если ранее акцент в рассматриваемой области делался на анализе проб токсичных химикатов в воздухе, почве, растительности и воде, то на современном этапе Организация по запрещению химического оружия в области лабораторного обеспечения контроля за нераспространением химического оружия при проведении оперативных исследований по фактам применения ОВ и токсичных химикатов (ТХ) особую значимость придает исследованию биомедицинских пробы тканей и физиологических жидкостей организма, источником которых являются люди или животные. Необходимую чувствительность при обнаружении и идентификации биомаркеров поражений ОВ и ТХ обеспечивает тандем-масс-спектрометрия в сочетании с газожидкостной или жидкостной хроматографией. Основные усилия по разработке новых способов анализа биомаркеров и продуктов метаболизма ОВ и ТХ сосредоточены в трех направлениях: подготовка биомедицинских проб к анализу (удаление мешающих примесей из пробы, извлечение, концентрирование и дериватизация целевых веществ); оптимизация условий хроматографического (газожидкостного, жидкостного) разделения проб; накопление и интерпретация масс-спектрометрических характеристик. В статье приводятся примеры использования данной методологии для обнаружения признаков поражения фосфорорганическими веществами и серным ипритом.

Ключевые слова: аналитическая лаборатория; биомаркеры и идентификаторы; Конвенция; Организация по запрещению химического оружия; отравляющие вещества; продукты метаболизма; токсичные химикаты; химическое оружие.

Библиографическое описание: Игнатъев В.А., Корнеев Д.О., Родионов А.А., Фатеенков В.Н. Новые подходы организации по запрещению химического оружия в области лабораторного обеспечения контроля за нераспространением химического оружия // Вестник войск РХБ защиты. 2017. Т. 1. № 4. С. 24–34.

Ведущие зарубежные страны изучают возможность продолжения деятельности Организации по запрещению химического оружия (ОЗХО) после 2017 года в связи с тем, что была принята программа уничтожения ХО всеми го-

сударствами, его имеющими. При этом декларируется необходимость реализации комплекса практических мероприятий по поддержанию режима нераспространения химического оружия в мире и проведения оперативных рас-

следований по фактам применения отравляющих веществ и токсичных химикатов [1].

В качестве обоснования угрозы такого распространения рассматривается развитие используемых за рубежом исследовательских методов и производственных технологий двойного назначения, увеличение номенклатуры новых токсичных химикатов, а также технические возможности создания отравляющих веществ нового поколения, формально не запрещенных действующей Конвенцией о запрещении химического оружия (КЗХО) [2].

Данный вопрос обсуждался, в частности, еще на 54-й сессии Исполнительного совета (14–17 октября 2008 г.) и 13-й конференции стран – участниц КЗХО (2–5 декабря 2008 г.), где было подчеркнуто, что ОЗХО должна иметь не только правовые возможности, но и соответствующую методическую базу и лабораторное обеспечение.

Цель данной статьи – обобщить новые подходы ОЗХО в области лабораторного обеспечения контроля за нераспространением химического оружия, разрабатываемые в связи с необходимостью поддержания режима нераспространения химического оружия в мире и проведения оперативных расследований по фактам применения отравляющих веществ и токсичных химикатов.

Если ранее акцент в рассматриваемой области делался на анализ проб токсичных химикатов в воздухе, почве, растительности и воде, то на современном этапе особую значимость, по мнению экспертов ОЗХО, приобретают биомедицинские пробы тканей и физиологических жидкостей организма, источником которых являются люди или животные. Физиологические жидкости содержат

конкретные биомаркеры (идентификаторы), определяющие степень поражения людей отравляющими веществами и токсичными химикатами [3]. Они объединяют продукты метаболизма отравляющих веществ, токсичных химикатов и аддукты, образующиеся в результате взаимодействия химикатов и их метаболитов с аминокислотами, ферментами, белками и ДНК в организме. Некоторые из них можно обнаружить в тканях организма через 120 суток после воздействия отравляющего вещества. Такой длительный период стабильности соединений может обеспечить прочные доказательства применения отравляющих веществ и токсичных химикатов [4].

В этой связи в качестве предложения на последней сессии Исполнительного совета ОЗХО был вынесен вопрос об организации подготовки национальных кадров в области обнаружения, идентификации и специальной обработки биомаркеров отравляющих веществ для обеспечения эффективного инспектирования объектов, контролируемых этой организацией.

В организме человека при воздействии отравляющих веществ и в процессе их метаболизма образуются два типа биомаркеров – короткоживущие (от нескольких минут до часов) и долгоживущие (от одних суток до нескольких недель) [5].

Первый тип образуется в результате взаимодействия отравляющих веществ с электрофильными субстанциями организма, а второй – с нуклеофильными реагентами. Долгоживущие биомаркеры включают метаболиты отравляющих веществ (продукты гидролиза и окисления), протеиновые и ДНК-аддукты (таблица 1, рисунок 1).

Таблица 1 — Динамика образования биомаркеров отравляющих веществ и токсичных химикатов в тканях человека

ОВ, продукты метаболизма и биомаркеры	Исследуемые ткани и физиологические жидкости	Время нахождения в тканях организма человека
Отравляющие вещества	Ткани легких, экскременты, кровь	От минут до нескольких часов
Продукты метаболизма (гидролиза и окисления)	Моча	От одних суток до двух недель
ДНК-аддукты	Кровь	2–4 недели
Белковые аддукты, образованные с:		
холинэстеразами	Кровь	5–16 суток
альбумином	Кровь	21 сутки
гемоглобином	Кровь	45 суток

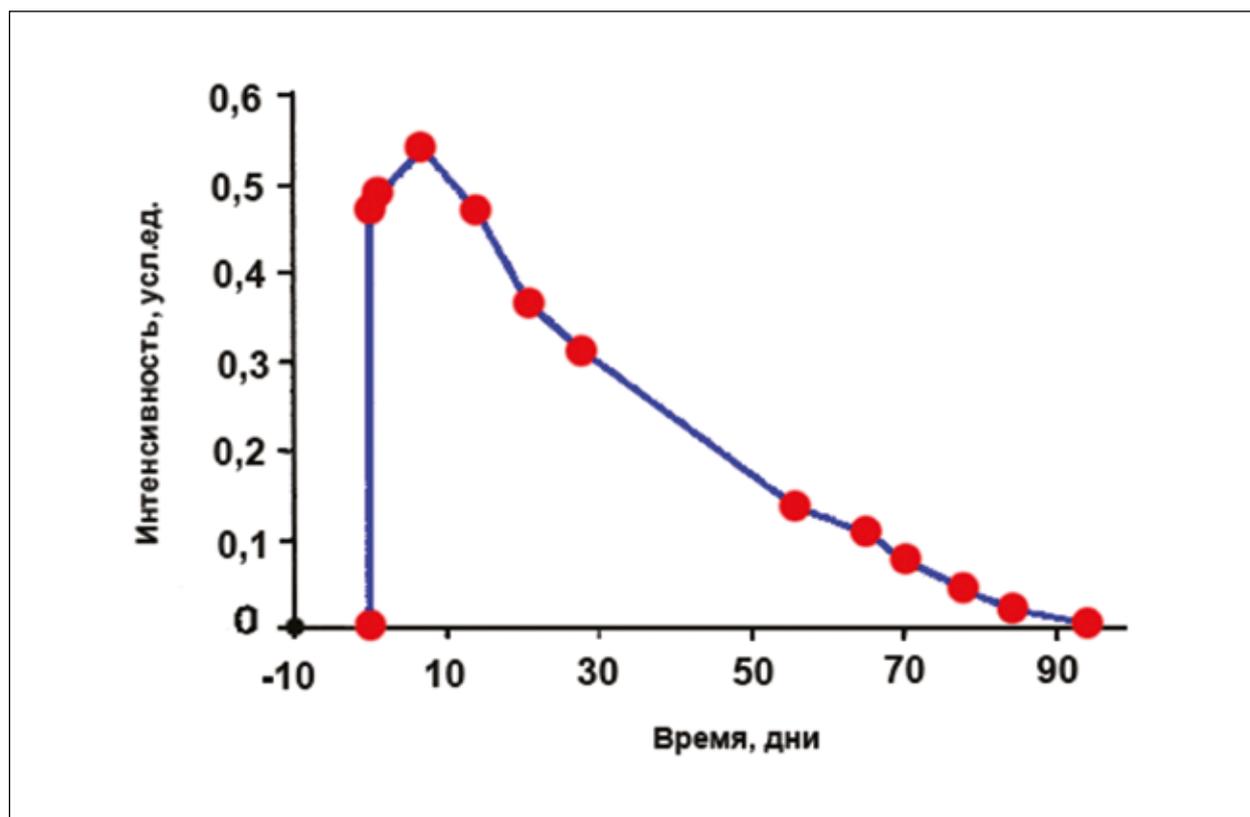


Рисунок 1 — Динамика образования и разрушения N-валин-аддукта в гемоглобине, обнаруживаемого нидерландскими специалистами в течение 90 сут после поражения человека серным ипритом в концентрации 4,1 мг/кг (*in vivo*)

Полученные за рубежом данные свидетельствуют о том, что 50–90 % отравляющих веществ разрушаются, а 70–90 % образующихся метаболитов выводятся из организма в первые 48–72 ч. В то же время белковые и ДНК-аддукты сохраняются в физиологических жидкостях организма в течение 3–6 мес.

Ввиду того, что центральная аналитическая лаборатория ОЗХО не располагает техническими возможностями для анализа биомедицинских проб, а критерии оценки результатов такого анализа еще окончательно не отработаны (во всем мире только в нескольких лабораториях имеются соответствующее оборудование, методы исследования и специалисты), Научно-консультативный совет организации рекомендовал провести ряд международных химических экспериментов, которые позволили бы аккредитованным лабораториям выработать общие требования и стандарты анализа биомедицинских проб (таблица 2).

В ходе фундаментальных и прикладных исследований химической структуры биомаркеров и способов их анализа зарубежными специалистами уже сформированы базы данных аналитических характеристик и определены их специфические параметры, необходимые для экспресс-анализа [3].

В 2003–2007 гг. научные лаборатории США, Великобритании, Израиля, Японии и Германии разработали эффективные методы анализа биомаркеров для оценки степени воздействия отравляющих веществ и токсичных химикатов (рисунок 2).

По зарубежной оценке, необходимую чувствительность при обнаружении и идентификации биомаркеров обеспечивает тандем-масс-спектрометрия в сочетании с газожидкостной или жидкостной хроматографией.

Основные усилия по разработке новых способов анализа биомаркеров и продуктов метаболизма отравляющих веществ и токсичных химикатов сосредоточены в трех направлениях:

подготовка биомедицинских проб к анализу (удаление мешающих примесей из пробы, извлечение, концентрирование и дериватизация целевых веществ);

оптимизация условий хроматографического (газожидкостного, жидкостного) разделения проб;

накопление и интерпретация масс-спектрометрических характеристик.

Одним из основных способов анализа биомаркеров являются исследования в области

Таблица 2 — Аккредитованные при ОЗХО химико-аналитические лаборатории, которые могут быть задействованы при отработке новых процедур анализа биомедицинских проб, содержащих отравляющие вещества

Страна	Название лаборатории	Подчиненность	Город, регион
Бельгия	Химическая лаборатория	Министерство обороны	Вилворле
Великобритания	Оборонная научно-техническая лаборатория	Центр химических и микробиологических исследований	Портон-Даун, гр. Уилтшир
Германия	Химическая лаборатория	Научно-исследовательский центр защиты от ОМП МО	Мюнстер
Индия	Химическая лаборатория	Индийский институт химических технологий	
Индия	Лаборатория «Вертокс»	Организация оборонных исследований и разработок	Гвалиор, шт. Мадхья-Прадеш
Иран	Военная лаборатория химической защиты	Оборонная промышленность Ирана	Кередж
Испания	Химическая лаборатория	Государственное предприятие «Мараньоса»	Мадрид
Китай	Лаборатория аналитической химии	Научно-исследовательский институт химической защиты	Янгфан, пров. Пекин
Китай	Лаборатория анализа токсинов	Академия военной медицины, институт фармакологии и токсикологии	Пекин
Малайзия	Лаборатория химического департамента	Министерство науки	Селандор
Нидерланды	Лаборатория обороны и безопасности	Центр оборонных исследований	Рейсвейк
Польша	Лаборатория по проверке Конвенции о химическом оружии	Военный институт химии и радиометрии	Варшава
Республика Корея	Химическая аналитическая лаборатория	Химико-биологическое управление агентства оборонных исследований	Тэджон
Румыния	Лаборатория химического анализа и испытаний	Научно-исследовательский центр РХБ-защиты и экологии	Бухарест
Словакия	Химическая лаборатория	Министерство обороны	Брезно
Сингапур	Химическая лаборатория	Министерство здравоохранения и защиты	Сингапур Эджвуд
США	Аналитический центр судебной экспертизы в области химии и биологии	Департамент медицины	шт. Мэриленд
США	Ливерморская лаборатория им. Лоуренса	Калифорнийский университет	Ливермор, шт. Калифорния
Турция	Лаборатория химического анализа	Военно-медицинская академия	Бурса
Финляндия	Химическая лаборатория	Университет Хельсинки	Хельсинки
Франция	Химическая лаборатория	Министерство обороны	Вер-лэ-Пети, 25 км юж. Парижа
Чехия	Научно-исследовательский институт органического синтеза	Центр экологии, токсикологии и аналитической химии	Пардубице
Швеция	Химическая лаборатория	Научно-исследовательский институт тотальной обороны	Умео
Швейцария	Химическая лаборатория	Лаборатория в г. Шпиц, центр РХБ-защиты МО	Шпиц

Примечание.
Оценка результатов официального теста OPCW (42РТ-итоговый-отчет) [6]

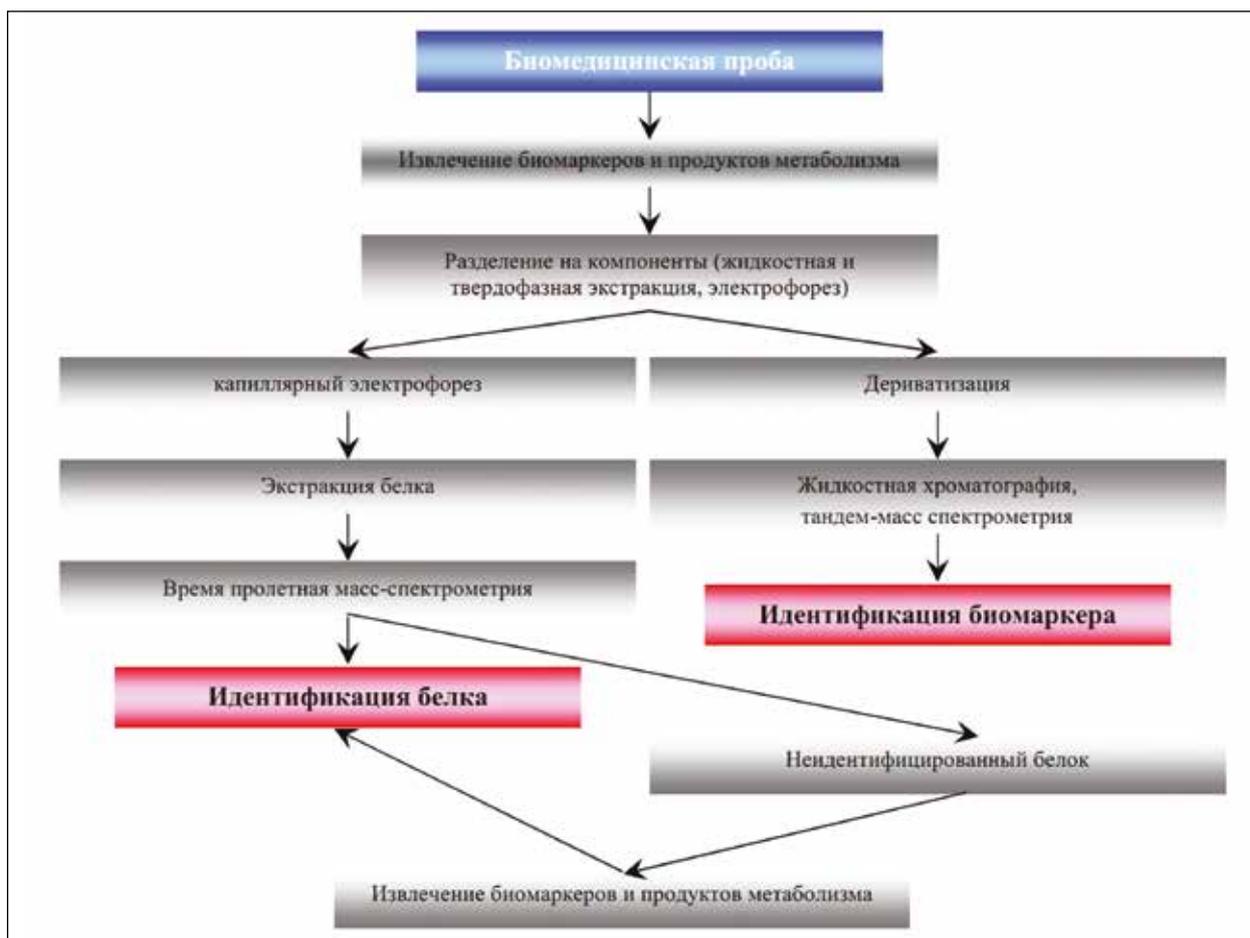


Рисунок 2 — Алгоритм подготовки к анализу и исследованию биомедицинских проб, содержащих биомаркеры отравляющих веществ

жидкостной и твердофазной экстракции, которые предусматривают извлечение до 70 % отравляющих веществ, продуктов метаболизма и биомаркеров из анализируемых проб. Для эффективного и достоверного установления структуры веществ применяются процедуры дериватизации биомаркеров. В частности, британскими специалистами разработан способ определения альбумин-аддуктов фосфорорганических веществ, который предусматривает обработку пробы проназой (смесь частично очищенных протеолитических ферментов, относящихся к классу гидролаз) для разрушения связей в структуре белка и образования специфических фрагментов молекул биомаркеров (рисунок 3) [7].

В химической лаборатории им. Мауритца предложены два способа анализа холинэстераз-аддуктов фосфорорганических веществ. В первом случае пробы подвергаются воздействию фторирующих агентов до образования соответствующих фторангидридов алкилфосфоновых кислот (рисунок 4).

Во втором способе для установления природы и структуры поражающего агента ис-

пользуется пепсин (фермент класса гидролаз, рисунок 5). При этом образуется пептид, фосфорилированный по функциональной группе серина, который определяется методом жидкостной хроматографии – тандем-масс-спектрометрии.

Недостатком этого способа считается низкая вероятность определения зомана и табуна ввиду того, что происходит быстрое «старение» ингибированных холинэстераз (дезалкилирование алкоксильного радикала у атома фосфора с образованием дезалкилированного фермент-ингибиторного комплекса) [8–11].

Кроме того, способ неэффективен после обработки ингибированной бутирилхолинэстеразы оксимом.

При исследовании биомаркеров отравляющих веществ и токсичных химикатов зарубежные специалисты подчеркивают, что их наличие в различных живых организмах подтверждает факт поражения человека и животных отравляющими веществами и токсичными химикатами [13–15].

В частности, американскими учеными был проведен сравнительный анализ ами-

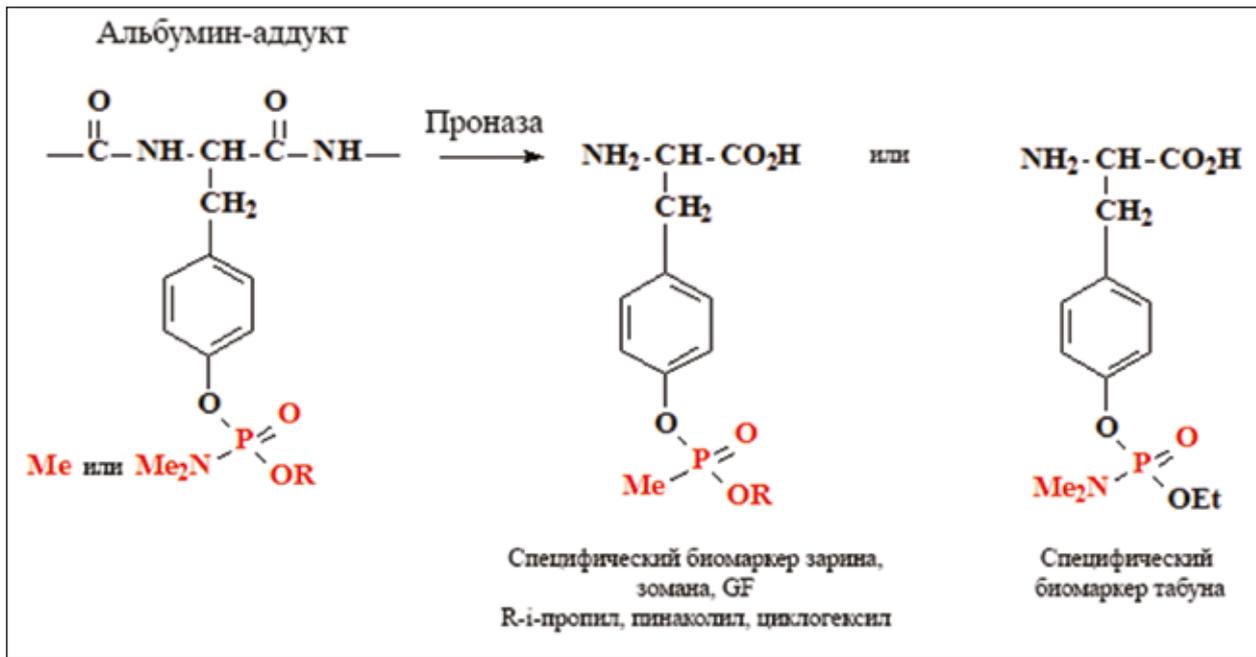


Рисунок 3 — Схема реакции обработки фосфорилированного тирозина проназой

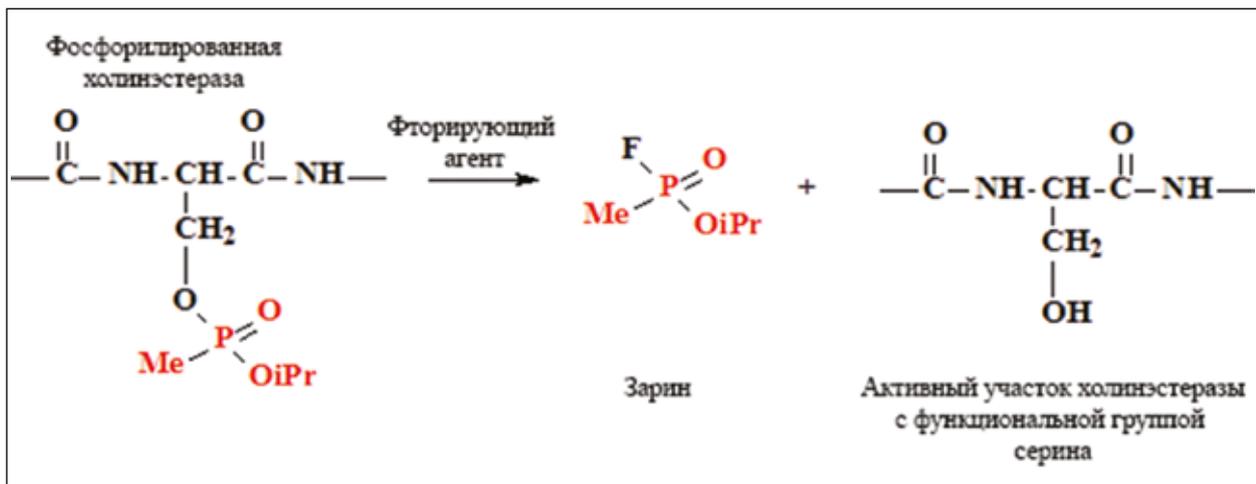


Рисунок 4 — Схема реакции обработка фосфорилированной холинэстеразы фторирующим агентом

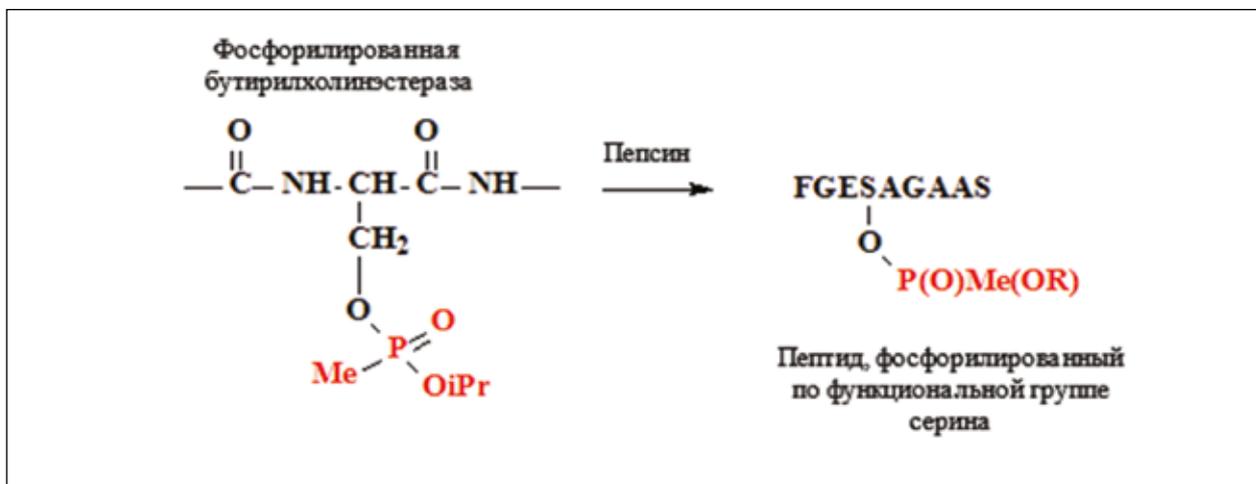


Рисунок 5 — Схема реакции обработки фосфорилированной бутирилхолинэстеразы пепсином

нокислотной последовательности ацетилхолинэстеразы (АХЭ) и бутирилхолинэстеразы (БуХЭ) человека, кролика, электрического ската (*Torpedo californica*), колорадского жука (*Leptinolaria decemlineata*), малярийного комара (*Anopheles stephensi*). В состав активного центра холинэстераз входят функциональные группы четырех аминокислот – серина, гистидина, тирозина и аспаргиновой или глутаминовой кислоты, по которым происходит фосфорилирование фермента.

Непосредственное связывание отравляющего вещества нервно-паралитического действия с ферментом происходит по функциональной группе серина, который содержится во всех исследуемых живых организмах (рисунок 6).

При анализе биомаркеров серного иприта предусматривается либо разрушение соответствующих аддуктов до тиодигликоля, либо их целевое обнаружение методом жидкостной хроматографии – тандем-масс-спектрометрии (таблица 3). Определение биомаркеров иприта является наиболее сложной процедурой ввиду того, что специалисты зарубежных стран не располагают достаточной информацией о его токсичности, тератогенных свойствах, а также механизме действия. В рамках этих исследований специалисты Института фармакологии и токсикологии бундесвера (Мюнстер, ФРГ) выделяют три ключевых для поражения организма процесса: транспорт вещества к биомишеням,

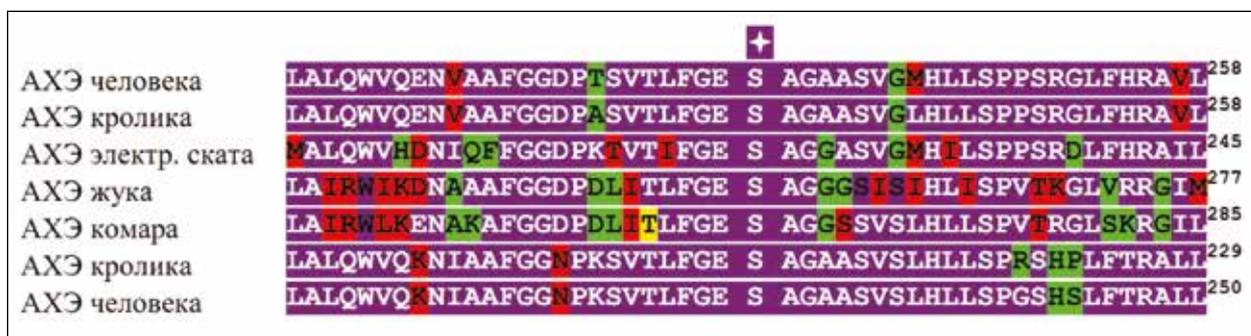


Рисунок 6 — Последовательность аминокислот в ацетилхолинэстеразе и бутирилхолинэстеразе в различных видах живых организмов (звездочкой отмечена функциональная группа серина активного центра холинэстеразы) [16]

Таблица 3 — Диагностика белковых аддуктов иприта

Структурная формула биомаркера	Биомаркер, определяемый при анализе	Метод определения
$\begin{array}{c} \text{HN}-\text{SCH}_2\text{CH}_2\text{SHCH}_2\text{CH}_2\text{OH} \\ \\ \text{HC}-\text{CH}(\text{CH}_3)_2 \\ \\ \text{CO} \\ \end{array}$	Н-концевая группа валина в гемоглобине	Газовая хроматография – тандем-масс-спектрометрия
$\begin{array}{c} \text{HN} \\ \\ \text{HC}-\text{CH}_2-\text{N} \\ \quad \quad \quad \\ \text{CO} \quad \quad \quad \text{CH}_2\text{CH}_2\text{SHCH}_2\text{CH}_2\text{OH} \end{array}$	Остаток гистидина в гемоглобине	Жидкостная хроматография – тандем-масс-спектрометрия
$\begin{array}{c} \text{HN} \\ \\ \text{HC}-\text{CH}_2-\text{SCH}_2\text{CH}_2\text{SHCH}_2\text{CH}_2\text{OH} \\ \\ \text{CO} \\ \end{array}$	Остаток цистеина в сывороточном альбумине	Жидкостная хроматография – тандем-масс-спектрометрия Обработка проназой
$\begin{array}{c} \text{HN} \\ \\ \text{HC}-(\text{CH}_2)_n-\text{OCH}_2\text{CH}_2\text{SHCH}_2\text{CH}_2\text{OH} \\ \\ \text{CO} \\ \end{array}$	Остаток аспаргиновой или глутаминовой кислот в гемоглобине	Гидролиз до свободного тиодигликоля

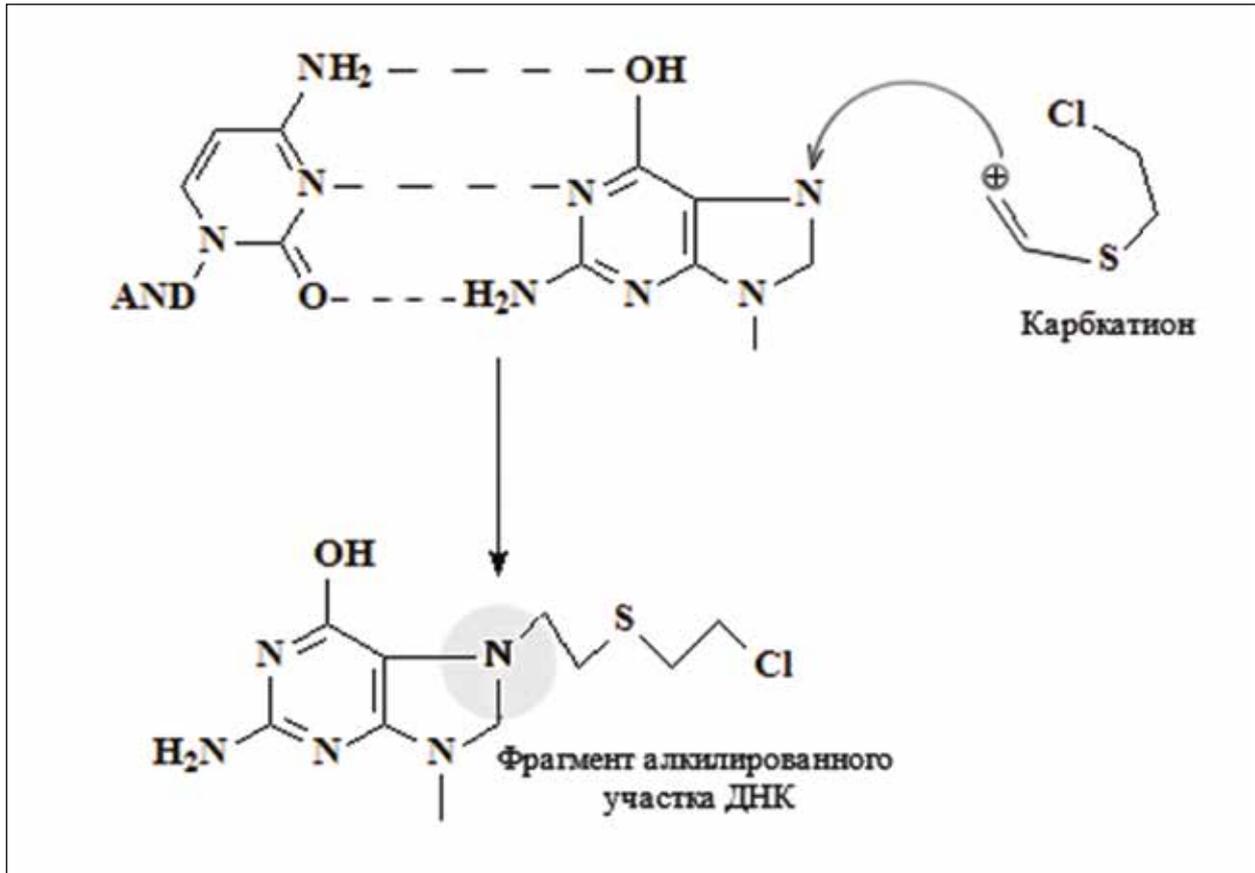


Рисунок 7 — Механизм действия иприта на ДНК

их алкилирование и последующее ингибирование ферментов [6–9, 15].

Специалисты указанного института установили ряд биомишеней, на которые комплексно воздействует иприт – глутатион, ДНК, белки, мембраны клеток и ферменты.

Поражающее действие этого отравляющего вещества на глутатион вызывает нарушения в регулировке окислительно-восстановительного потенциала клетки, в результате чего образуются свободные радикалы кислорода, которые непосредственно поражают мембраны, а также действуют на ДНК.

Зарубежные специалисты считают, что иприт также эффективно взаимодействует с нуклеиновыми кислотами (рисунок 7), в результате чего происходит депуринизация ДНК (РНК) и, следовательно, поражение генетического аппарата клетки. Взаимодействие с ДНК (РНК) идет через стадию синтеза карбкатиона, образующегося при гидролизе иприта в тканях.

Указанные методы прошли апробацию в ходе межлабораторных экспериментов по анализу проб среди военных лабораторий стран НАТО [7–16].

В период 2018–2020 гг. на организацию проведения этих экспериментов планируется выделять по 100 тыс. евро ежегодно.

По оценке специалистов ОЗХО, они являются достаточно надежными и могут быть рекомендованы для включения в стандартные процедуры анализа (SOP) для практического использования аккредитованными лабораториями.

Таким образом, обобщив новые подходы Организации по запрещению химического оружия в области лабораторного обеспечения контроля за нераспространением химического оружия и проанализировав всесторонне полученные техническим секретариатом Организации по запрещению химического оружия результаты поддержания режима нераспространения химического оружия в мире и проведения оперативных расследований по фактам применения отравляющих веществ и токсичных химикатов, (описанным в статье методом), планируется провести цикл экспериментов в аккредитованных лабораториях по отработке окончательных процедур анализа биомедицинских проб, и закрепить их в одной из стандартных процедур ОЗХО ООН.

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.

Список источников

1. Briseno-Roa L., Hill J., Notman S., et al. Analogues with fluorescent leaving groups for screening and selection of enzymes that efficiently hydrolyze organophosphorus nerve agents // *J. Med. Chem.* 2006. V. 49, № 1. P. 246–255.
2. Technical Secretariat (Secretariat) of the OPCW. Quality management system document No. QDOC/LAB/SOP/biopt03 // Standard operating procedure for the organization of OPCW Biomedical Proficiency Tests. Approved by: Philippe Denier, Director of the Verification Division, OPCW, 2017
3. US Patent. 7291478 B1 (2015).
4. Work instruction for the reporting of the results of the OPCW Proficiency Tests. Quality management system document № QDOC/LAB/WI/PT04 // Technical Secretariat OPCW. 2016. Is. 1, Rev. 4. P. 40–46.
5. Руководство пользователя работы с газовым хроматографом «Agilent 7890A» и масс-селективным детектором «Agilent 7000B GC/MS Triple Quad» // Программное обеспечение для управления и обработки данных «Mass Hunter Workstation Software, Qualitative and Quantitative Analysis, version B.04.00 build 4.0.479.0», фирма «Agilent Technologies», США, 2014.
6. EVALUATION OF RESULTS/ Forty-Second Official OPCW Proficiency Test / 42PT-Final Report, OPCW Technical Secretariat, April 2018.
7. Recommended Operating Procedures for Analysis in the Verification of Chemical Disarmament. 2017 ed. / Ed. Vanninen P. The Ministry for Foreign Affairs of Finland University of Helsinki. VERIFIN, Department of Chemistry P.O. Box 55, fi-00014 University of Helsinki, Finland. ISBN 978-952-10-7408-0 (pdf).
8. Black R.M., Brewster K., Clarke R.J., et al. Metabolism of thiodiglycol (2,2'-thiobis-ethanol): isolation and identification of urinary metabolites following interaperitoneal administration to rat // *Xenobiotica*. 2009. V. 23, № 5. P. 473–481.
9. Тихонова Е.Б., Ермакова И.Т., Слепенькин А.В. и др. Биоутилизация тиодигликоля – продукта детоксикации иприта: выделение штаммов-деструкторов, изучение условий процесса биодеградации // *Микробиология*. 2008. Т. 71, № 2. С. 247–253.
10. Ermakova I.T., Starovoitov I.I., Slep'kin A.V. et al. Bioutilization of thiodiglycol, the product of mustard detoxification: isolation of degrading strains, study of biodegradation process and metabolic pathways // *Process Biochemistry*. 2002. V. 38, № 1. P. 31–39.
11. Кузьмина Р.И., Денисов Н.С., Денисов С.Н., Углонова В.З. К вопросу выбора дериватирующего агента при переводе метилфосфоновой кислоты и ее о-алкиловых эфиров в хроматографируемые производные. Известия саратовского университета. Серия Химия. Биология. Экология. 2015. Т. 15, № 2. 34–38.
12. Black R.M., Read R.W. Biological markers of exposure to organophosphorus nerve agents // *Arch. Toxicol.* 2013. V. 87. P. 421–437.
13. Van der Schans M.J., Fidler A., van Oeveren D. et al. Verification of exposure to cholinesterase inhibitors: generic detection of OPCW Schedule 1 nerve agent adducts to human butyrylcholinesterase // *J. Anal. Toxicol.* 2008. V. 32. P. 125–130.
14. Mawhinney D.B., Hamelin E.L., Fraser R. et al. The determination of organophosphate nerve agent metabolites in human urine by hydrophilic interaction liquid chromatography tandem mass spectrometry // *J. Chromatogr. B*, 2015. V. 852. P. 235–243.
15. Xu, H., Nie, Z., Zhang, Y., et al. Four sulfur mustard exposure cases: overall analysis of four types of biomarkers in clinical samples provides positive implication for early diagnosis and treatment monitoring // *Toxicol. Reports*. 2014. V. 1. P. 533–543.
16. Vanninen P. Recommended operating procedures for analysis in the verification of chemical disarmament. [Текст]: рекомендации. The Ministry for Foreign Affairs of Finland University of Helsinki. 2017 ed. Helsinki. 2017. P. 809.

Об авторах

Федеральное государственное бюджетное учреждение «27 Научный центр» Министерства обороны Российской Федерации, 105005, г. Москва, Бригадирский переулок, 13.

Игнатъев Владимир Алексеевич. Старший научный сотрудник отдела, кандидат военных наук, доцент.

Корнеев Дмитрий Олегович. Старший научный сотрудник отдела, канд. хим. наук, доцент.

Родионов Александр Анатольевич. Старший научный сотрудник отдела, канд. техн. наук, профессор АВН.

Фатеенков Владимир Николаевич. Начальник отдела, кандидат военных наук, профессор АВН.

Адрес для переписки: Корнеев Дмитрий Олегович; 27nc_1@mil.ru

Organisation for the Prohibition of Chemical Weapons' New Approaches to Laboratory Support for Control over Non-Proliferation

V.A. Ignatyev, D.O. Korneev, A.A. Rodionov, V.N. Fateenkov

*Federal State Budgetary Establishment «27 Scientific Centre» of the Ministry of Defence
of the Russian Federation, Brigadirskii Lane 13, Moscow 105005, Russian Federation*

The development of scientific research methods and dual-use production technologies, the widening of the range of new toxic chemicals, as well as technical possibilities for the development of a new generation of poisonous substances, formally not forbidden by the acting Convention on the Prohibition of the Development, Production, Stockpiling and Use of Chemical Weapons and on their Destruction, pose a new level of threats to nonproliferation of chemical weapons. Under these circumstances, it is necessary to possess not only legal possibility, but also appropriate laboratory equipment and services for the effective non-proliferation control. Considerable attention in this sphere has been paid earlier to environmental samples for toxic chemicals analysis, including samples of air, soil, vegetation and water. But at the present time the Organisation for the Prohibition of Chemical Weapons (OPCW) gives special emphasis to analysis of biomedical samples (blood, urine) in the context of non-proliferation and investigations of alleged use of chemical weapons and toxic chemicals. The proper sensitivity during the detection and identification of biomarkers of exposure to chemical agents and toxic chemicals can be achieved by gas chromatography- mass spectrometry (GC/MS) and gas chromatography-tandem mass spectrometry (GC/MS/MS) methods. Efforts in this sphere are now focused on three main tasks – sample preparation, the optimization of the conditions of chromatographic separation of samples, storage and interpretation of mass-spectra characteristics. The article provides examples of how the above mentioned techniques are used in the detection of signs and evidence of exposure to organic phosphorus compounds and sulfur mustard.

Keywords: *analytical laboratory; biomarkers and identifiers; Convention; Organisation for the Prohibition of Chemical Weapons; poisonous substances; metabolism products; toxic chemicals; chemical weapons.*

For citation: *Ignatyev V.A., Korneev D.O., Rodionov A.A., Fateenkov V.N. Organisation for the Prohibition of Chemical Weapons' New Approaches to Laboratory Support for Control over Non-Proliferation // Journal of NBC Protection Corps. 2017. V. 1. № 4. P. 24–34.*

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.

References

1. Briseno-Roa L., Hill J., Notman S., et al. Analogues with fluorescent leaving groups for screening and selection of enzymes that efficiently hydrolyze organophosphorus nerve agents // *J. Med. Chem.* 2006. V. 49, № 1. P. 246–255.
2. Technical Secretariat (Secretariat) of the OPCW. Quality Management System Document No. QDOC/LAB/SOP/biopt03 // Standard Operating Procedure for the Organization of OPCW Biomedical Proficiency Tests. Approved by: Philippe Denier, Director of the Verification Division, OPCW, 2017
3. US Patent. 7291478 B1 (2015).
4. Work Instruction For The Reporting Of The Results Of The OPCW Proficiency Tests. Quality Management System Document № QDOC/LAB/WI/PT04 // Technical Secretariat OPCW. 2016. Is. 1, Rev. 4. P. 40–46.
5. «Agilent 7890A» manual and «Agilent 7000B GC/MS Triple Quad» manual // Software «Mass Hunter Workstation Software, Qualitative and Quantitative Analysis, version B.04.00 build 4.0.479.0», «Agilent Technologies», USA, 2014.
6. EVALUATION OF RESULTS/ Forty-Second Official OPCW Proficiency Test / 42PT-Final Report, OPCW Technical Secretariat, April 2018.
7. Recommended Operating Procedures for Analysis in the Verification of Chemical Disarmament. 2017 ed. / Ed. Vanninen P. The Ministry for Foreign Affairs of Finland University of Helsinki. VERIFIN, Department of Chemistry P.O. Box 55, fi-00014 University of Helsinki, Finland. ISBN 978-952-10-7408-0 (pdf).
8. Black R.M., Brewster K., Clarke R.J., et al. Metabolism of thiodiglycol (2,2'-thiobis-ethanol): isolation and identification of urinary metabolites following intraperitoneal administration to rat // *Xenobiotica*. 2009. V. 23, № 5. P. 473–481.
9. Tikhonova E.B., Ermakova I.T., Slep'kin A.V. et al. Bioutilization of thiodiglycol, the product of mustard detoxification: Isolation of degrading strains, study of biodegradation process // *Mycrobiology*. 2008. V. 71, № 2. P. 247–253 (in Russian).
10. Ermakova I.T., Starovoitov I.I., Slep'kin A.V. et al. Bioutilization of thiodiglycol, the product of mustard detoxification: isolation of degrading strains, study of biodegradation process and metabolic pathways // *Process Biochemistry*. 2002. V. 38, № 1. P. 31–39.
11. Kuzmina R.I., Denisov N.S., Denisov S.N., Uglanova V.Z. To the Question the Choice of a Derivatizing Agent for the Transfer of Methylphosphonic Acid and Its O-alkyl Ethers to Chromatographic Derivatives // *IZV. SGU. New. ser. Ser. Chemistry. Biology. Ecology*. 2015. V. 15, № 2. P. 34–38.
12. Black R.M., Read R.W. Biological Markers of Exposure to Organophosphorus Nerve Agents // *Arch. Toxicol.* 2013. V. 87. P. 421–437.
13. Van der Schans M.J., Fidder A., van Oeveren D. et al. Verification of Exposure to Cholinesterase Inhibitors: Generic Detection of OPCW Schedule 1 Nerve Agent Adducts to Human Butyrylcholinesterase // *J. Anal. Toxicol.* 2008. V. 32. P. 125–130.
14. Mawhinney D.B., Hamelin E.I., Fraser R. et al. The Determination of Organophosphate Nerve Agent Metabolites in Human Urine by Hydrophilic Interaction Liquid Chromatography Tandem Mass Spectrometry // *J. Chromatogr. B*, 2015. V. 852. P. 235–243.
15. Xu, H., Nie, Z., Zhang, Y., et al. Four Sulfur Mustard Exposure Cases: Overall Analysis of Four Types of Biomarkers in Clinical Samples Provides Positive Implication for Early Diagnosis and Treatment Monitoring // *Toxicol. Reports*. 2014. V. 1. P. 533–543.
16. Vanninen P. Recommended Operating Procedures for Analysis in the Verification of Chemical Disarmament. The Ministry for Foreign Affairs of Finland University of Helsinki. 2017 ed. Helsinki, 2017.

Authors

Federal State Budgetary Establishment «27 Scientific Centre» of the Ministry of Defence of the Russian Federation. Brigadirskii Lane 13, Moscow 105005, Russian Federation.

Korneev D.O. Senior Researcher of the Department. Candidate of Chemical Sciences, Associate Professor.

Petrakova L.V. Researcher of the Department.

Ponsov M.A. Senior Researcher of the Department. Candidate of Chemical Sciences, Associate Professor.

Rodionov A.A. Senior Researcher of the Department. Candidate of Technical Sciences, Professor of the Academy of Military Sciences.

Address: Korneev Dmitry Olegovich; 27nc_1@mil.ru

Исследование инкапсуляции угольного сорбента в высокомолекулярное соединение при создании средств индивидуальной защиты кожи фильтрующего типа

С.Н. Соловых, П.В. Горбачев

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 11.09.2017 г. Принята к публикации 10.10.2017 г.

Средства индивидуальной защиты кожи (СИЗК), изготовленные из фильтрующих материалов, наиболее удобны при работе в очагах заражения токсическими химикатами (ТХ), обладающими кожно-резорбтивной токсичностью. Такие материалы на своей поверхности должны содержать достаточное для безопасной эксплуатации СИЗК количество активированного угля. Основными задачами полимерного связующего в композиционном защитно-фильтрующем материале СИЗК являются закрепление на поверхности материала активированного угля; сорбция и транспортировка ТХ к макро- и мезопорам сорбента. При изучении проникающей способности метилового эфира салициловой кислоты (МЭСК) – имитатора ТХ в такие полимерные материалы, как полиуретан, ПВХ, полистирол, стирол-бутадиен-стирольный полимер (СБС), полипропилен, установлено, что наиболее высокой сорбционной способностью по отношению к МЭСК обладает СБС. Дальнейшие исследования по инкапсуляции угольного сорбента в высокомолекулярное соединение при создании средств индивидуальной защиты кожи фильтрующего типа целесообразно проводить с использованием СБС в качестве матрицы.

Ключевые слова: защитно-фильтрующий материал; инкапсуляция; полимер; сорбция; средства индивидуальной защиты кожи фильтрующего типа; токсичный химикат; угольный сорбент.

Библиографическое описание: Соловых С.Н., Горбачев П.В. Исследование инкапсуляции угольного сорбента в высокомолекулярное соединение при создании средств индивидуальной защиты кожи фильтрующего типа // Вестник войск РХБ защиты. 2017. Т. 1. № 4. С. 35–40.

Опыт боевых действий в Сирии показал, что угроза внезапного применения химического оружия в локальных вооруженных конфликтах остается высокой, а средства защиты кожи еще не в полной мере могут обеспечить защиту от токсичных химикатов (ТХ), обладающих кожно-резорбтивной токсичностью [1].

Современные средства индивидуальной защиты кожи (СИЗК) от ТХ изготавливают из

различных изолирующих или фильтрующих материалов. Защитную фильтрующую одежду изготавливают с использованием активированного угля, вводимого в воздухопроницаемый текстильный материал. Содержащийся в таком материале активированный уголь действует как универсальный адсорбент. Такие системы рассматриваются специалистами как относительно комфортные из-за их воздухо- и

паропроницаемости [2]¹. В тоже время ими отмечено, что принятый на снабжение в 2000 г. комплект ОЗК-Ф устарел и не в полной мере удовлетворяет современным требованиям к экипировке военнослужащего из-за своих массогабаритных характеристик и низких эргономических свойств.

Таким образом, актуальность работы совершенствования средств индивидуальной защиты кожи фильтрующего типа (СИЗК ФТ) обусловлена необходимостью снижения их массогабаритных характеристик и улучшения эргономических свойств при сохранении или даже повышении защитных характеристик [3].

Цель работы – изучить возможность инкапсуляции угольного сорбента в высокомолекулярное соединение, предназначенное для создания средств индивидуальной защиты кожи фильтрующего типа.

Материалы и методы

Основными задачами полимерного связующего в композиционном защитно-фильтрующем материале средств индивидуальной защиты кожи являются закрепление на поверхности материала активированного угля; сорбция и транспортировка ТХ к макро- и мезопорам сорбента [4].

На начальном этапе исследований изучалась проникающая способность ТХ в такие полимерные материалы, как полиуретан, ПВХ, полистирол, стирол-бутадиен-стирольный полимер (СБС), полипропилен. В качестве имитатора ТХ использовался метиловый эфир салициловой кислоты (МЭСК).

Количественный анализ содержания имитатора ТХ в полимере и его увеличение с течением времени проводились на ИК-Фурье спектрометре. Прибор предварительно градуировали по трем точкам.

Для этого готовили 100, 60 и 30 % растворы имитатора ТХ. В качестве растворителя использовали тетрахлорметан. Далее снимали спектры поглощения трех растворов и, используя программное обеспечение ИК-Фурье спектрометра, строили калибровочный график. Далее проводили подготовку эксикатора. Для этого на дно эксикатора помещали бюкс с 5 г МЭСК, а на его крышку крепили крючок-зажим.

Для приготовления образца растворяли небольшое количество полимера в растворителе и наносили тонким слоем на предметное стекло. Через 10–15 мин снимали пленку со стекла и закрепляли ее в приставке для исследования пленочных материалов с помощью магнитного кольца.

После прогрева и подготовки прибора проводили первое испытание образца. В качестве образца использовали пленку чистого полимера без помещения в атмосферу метилсалицилата и снимали его спектр поглощения. Далее помещали образец в эксикатор и снимали спектры через каждые 5 мин в течение 10 мин и через каждые 10 мин в течение 20 мин. По полученным концентрациям построили график поглощения МЭСК полимерными материалами (рисунок 1).

Результаты и обсуждение

Приведенные на графике данные (рисунок 1) показывают, что СБС обладает значительной сорбирующей способностью к МЭСК по сравнению с другими исследуемыми полимерами.

Установление этого факта позволяет выбрать высокомолекулярное соединение для дальнейших исследований по инкапсуляции угольного сорбента. Согласно теории мономолекулярной адсорбции Ленгмюра, адсорбция молекул газа идет не на всей поверхности, а только на активных адсорбционных центрах, равномерно распределенных по всей поверхности полимера. Следовательно, скорость сорбции полимерным связующим может лимитироваться внутренней диффузией молекул МЭСК или химическим взаимодействием с центрами сорбции.

Для быстрой транспортировки ТХ к активным сорбционным центрам полимерное связующее активированного угля, пригодное для создания СИЗК фильтрующего типа, должно обладать большим коэффициентом диффузии и высокой степенью набухания.

Для описания кинетики реакции сорбции МЭСК в полимерное связующее применили уравнение Авраами–Колмогорова–Ерофеева, используемое для описания кинетики топомехимической реакции, проходящей на поверхности раздела двух фаз и осложненной внутренней диффузией [5, 6]:

$$\alpha = 1 - \exp(-kt^n), \quad (1)$$

где α – степень поглощения МЭСК; k – константа скорости, мин^{-n} ;

n – порядок реакции; t – время.

Степень поглощения МЭСК α определяется по изменению количества поглощенного МЭСК во времени:

$$\alpha = (C_0 - C_t) / C_0 \quad (2)$$

¹ Также см. материалы сайта «Taiwan Carbon Technology Co., Ltd.». URL: <http://www.taicarbon.com.tw> (дата обращения: 12.10.2017).

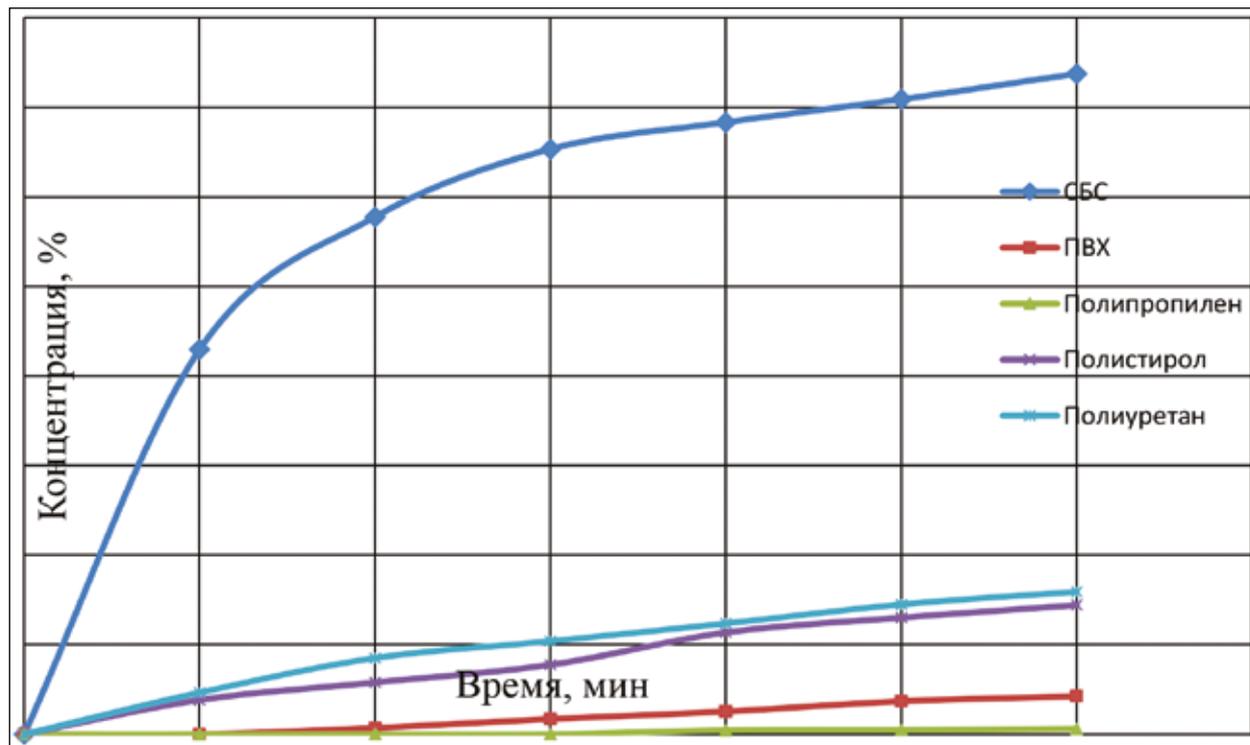


Рисунок 1 — Кривые поглощения метилсалицилата полимерами

где C_t – концентрация МЭСК в полимерной матрице в момент времени t ; C_0 – концентрация МЭСК в полимерной матрице в начале реакции при $t = 0$.

Величина $(1-n)$ в данном уравнении используется как мера погружения процесса в диффузионную область. Если $n=1$ и $1-n=0$, то процесс сорбции лимитируется химическим взаимодействием или сольватацией (при избытке одного из реагентов). Если при химическом взаимодействии в сорбенте концентрация активных центров соизмерима с концентрацией сорбируемых молекул, то порядок реакции n стремится к 2.

Если $n < 1$, $1-n > 0$, то в сдерживании скорости сорбции играет роль диффузии реагентов. Таким образом, обработка кинетических кривых проводится путем двойного логарифмирования уравнения (1):

$$\lg[-2,303 \times \lg(1 - \alpha)] = \lg k + n \times \lg t. \quad (3)$$

Были построены графические зависимости в координатах

$$\lg[-2,303 \times \lg(1 - \alpha)] \text{ от } \lg t.$$

По тангенсу угла наклона определили n , а затем по уравнению (3) рассчитали константу скорости k . Размерность постоянной k в уравнении (1) зависит от значения n . Для того, чтобы сравнить скорость различных процессов, урав-

нение (1) используют в виде, предложенном Саковичем [7]:

$$\frac{\partial \alpha}{\partial t} = K [-\ln(1 - \alpha)]^{(n-1)/n} \times (1 - \alpha), \quad (4)$$

где эффективная константа скорости K определяется по формуле:

$$K = n \times k^{1/n} \quad (5)$$

следовательно, константа скорости K имеет размерность $[t^{-1}]$.

Ввиду сложности описываемых уравнением (4) процессов, константа скорости k не является константой в общепринятом смысле и сравнение значений k носит относительный характер.

Из полученных экспериментальных кинетических кривых сорбции метилсалицилата определяли количество сорбированного вещества за время t и максимально возможное количество сорбированного МЭСК. Далее мы рассчитали изменение степени сорбции $\alpha = Q_t/Q_{\max}$ во времени. Затем по уравнению (3) и (5) определили значение констант процесса сорбции k , n и K .

По результатам анализа изменения концентрации МЭСК в объеме полимерной пленки можно уже рассчитать изменение степени поглощения МЭСК α и определить кинетические параметры реакции. Они представлены в таблице.

Таблица — Кинетические параметры сорбции МЭСК пленкой СБС

Время, мин	C, %	$\alpha = Q_t/Q_{max}$	1- α	$\lg(-2,303 \times \lg(1-\alpha))$	$\lg t$
0	0	0	0	0	0
5	21,48	0,537	0,463	-0,113415106	0,69897
10	28,88	0,722	0,278	0,107333738	1
15	32,66	0,8165	0,1835	0,229386446	1,176091
20	34,16	0,854	0,146	0,284316871	1,30103
25	35,44	0,886	0,114	0,336849449	1,39794
30	36,87	0,92175	0,07825	0,4062515	1,477121

Установлено, что на всем исследуемом диапазоне времени наблюдается линейная зависимость $\lg[-2,303 \lg(1-\alpha)]$ от $\lg t$. По тангенсу угла наклона прямой определили значение порядка реакции $n = 0,6265$. Это наблюдение свидетельствует о том, что скорость реакции сорбции МЭСК в полимерной пленке лимитируется внутренней диффузией реагентов. Таким образом, для получения количественных закономерностей проникания ТХ сквозь пленку исполь-

зуются диффузионные законы, первый и второй законы Фика.

Вывод

СБС обладает высокой сорбционной способностью по отношению к МЭСК, скорость реакции сорбции которой лимитируется внутренней диффузией. Дальнейшие исследования по инкапсуляции угольного сорбента при создании СИЗК фильтрующего типа целесообразно проводить с использованием СБС полимера.

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.

Список источников

1. Материалы сайта «Военное обозрение». URL: <http://topwar.ru>.
2. Материалы сайта «Taiwan Carbon Technology Co., Ltd». URL: <http://www.taicarbon.com.tw>.
3. Семочкин, В.Н. Фильтрующие угленасыщенные материалы для специальной одежды, защищающие от воздействия высокотоксичных и химически опасных веществ: Дис. канд. техн. наук. Казань: КазГТУ, 2008. 140 с.
4. Теория и техника средств защиты: в 2 ч. Ч. 1. Средства индивидуальной защиты: учебное пособие / Синькелев А.П. и др. Кострома: ВА РХБЗ, 2010. 504 с.
5. Горбачев П.В., Соловых С.Н., Занозин С.В. Фильтрующе-сорбирующий защитный материал на основе ткани с нанесенным высокомолекулярным соединением // Научно-технический сборник ВА РХБЗ. Кострома: ВА РХБЗ, 2016. № 4 (74) Ч. 2. С. 214-217.
6. Иванов, А.Н. Физико-химические основы технологии приготовления льнотресты: Дис. ... д-ра техн. наук. Кострома, 1989. 535 с.
7. Сакович Г.В. Замечания о некоторых уравнениях кинетики реакций с участием твердых веществ, применяемых в настоящее время // Ученые записки Томского университета. 1955. Выпуск 26. 110 с.

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.

Соловых Сергей Николаевич. Начальник кафедры специальных конструкционных материалов вооружения и средств РХБ защиты ВА РХБЗ, старший научный сотрудник, канд. техн. наук.

Горбачев Павел Валерьевич. Адъюнкт кафедры специальных конструкционных материалов вооружения и средств РХБ защиты ВА РХБЗ.

Адрес для переписки: Соловых Сергей Николаевич; varhbz@mil.ru

Study on Charcoal Sorbent Encapsulation in High-Molecular Compound during the Development of Filtering Personal Protective Equipment of Skin

S.N. Solovykh, P.V. Gorbachev

*The Federal State Official Establishment of Higher Education
«Military Academy of Radiological, Chemical and Biological Defence named after Marshal
of the Soviet Union S.K. Timoshenko», Gorky Street 16, Kostroma 156015, Russian Federation*

Personal protective equipment (PPE) of skin, made of filtering materials is the most convenient equipment for work in the areas, contaminated with percutaneous toxic chemicals. These kinds of materials must contain activated charcoal on its surface, enough for safe exploitation of PPE. The main task of polymer component in composite filter protective material for PPE is to fix the activated charcoal on the material's surface, to sorb toxic chemical and to transport it into sorbent's macro- and mesopores. During the study on the penetrability of methyl salicylate – toxic chemical's simulator – into such polymer materials, like polyurethane, polyvinyl chloride, polystyrene, styrene-butadiene-styrene polymer and polypropylene it was found out, that styrene-butadiene-styrene polymer possessed the highest sorptivity towards methyl salicylate. So there are good reasons to continue the studies on charcoal sorbent encapsulation in high-molecular compound during the development of filtering personal protective equipment of skin, with the use of styrene-butadiene-styrene polymer as a matrix.

Keywords: *filtering protective material; encapsulation; polymeric material; sorption; filtering personal protective equipment of skin; toxic chemical; charcoal sorbent.*

For citation: *Solovykh S.N., Gorbachev P.V. Study on Charcoal Sorbent Encapsulation in High-Molecular Compound during the Development of Filtering Personal Protective Equipment of Skin // Journal of NBC Protection Corps. 2017. V. 1. № 4. P. 35–40.*

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.

References

1. Website «Military review». URL: <http://topwar.ru> (in Russian)
2. Website «Taiwan Carbon Technology Co., Ltd». URL: <http://www.taicarbon.com.tw>
3. Semochkin V.N. The filtering carbon-filled materials for special clothes, protecting from highly toxic and chemically dangerous substances. Thesis of PhD Diss. Techn. Sciences. Kazan: KazGTU, 2008. 140 p. (in Russian)
4. Theory and technique of means of protection: in 2 parts; part 1. Personal protective equipment: manual. Kostroma: Military Academy of NBC Defense, 2010. 504 p. (in Russian)
5. Gorbachev P.V., Solovykh S.N., Zanozin S.V. Filter sorbing protective material on the basis of fabric with the applied polymer. // Scientific and technical collection. Military Academy of NBC Defense. Kostroma: Military Academy of NBC Defense, 2016. №4 (74), part 2. 214–217 p. (in Russian).
6. Ivanov A.N. Physical and chemical bases of technology preparation of a Inotresta: thesis doctor of Technical Studies. Kostroma, 1989. 535 p. (in Russian).
7. Sakovitch G.V. Remarks on some equation of kinetics of reaction with participation of solid substances, applied nowadays // Scientific notes of the Tomsk university. 1955. V. 26. 110 p. (in Russian).

Authors

The Federal State Official Establishment of Higher Education «Military Academy of Radiological, Chemical and Biological Defence named after Marshal of the Soviet Union S.K. Timoshenko». Gorky Street 16, Kostroma 156015, Russian Federation.

Solovykh S.N. Chief of department (special constructional materials for the arms and means of NBC Defence). Senior research associate, PhD of Technical Studies.

Gorbachyev P.V. Adjunct of department (special constructional materials for the arms and means of NBC Defence).

Adress: Solovykh Sergey Nikolayevich; varhbx@mil.ru

Разработка порошковой рецептуры для эффективного удаления токсических химикатов из текстильного материала

П.Н. Колесников, В.П. Хантов

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 09.10.2017 г. Принята к публикации 04.12. 2017 г.

Жидкий токсичный химикат (ТХ) в текстильном материале удерживается капиллярными силами в порах нитей, имеющих диаметр менее 20 мкм, поэтому основную часть жидкой фазы ТХ дегазирующими порошковыми композициями, состоящими из микрочастиц, удалить не удастся. Цель работы – разработка порошковой рецептуры, позволяющей дегазировать пористые текстильные материалы, зараженных каплями ТХ. При разработке такой рецептуры мы исходили из того, что для увеличения доли удаленной жидкой фазы ТХ из пористой структуры материала необходимо уменьшить размер частиц дегазирующего порошка настолько, чтобы их диаметр был меньше диаметра пор, образованных волокнами. В результате проведенных исследований, нами разработана порошковая рецептура, дегазирующий эффект которой достигается благодаря капиллярному эффекту, создаваемому включенными в состав рецептуры наночастицами, проникающими в поры нитей текстильного материала. Дегазирующая рецептура содержит (масс.) Al_2O_3 12 % и SiO_2 88 % с полидисперсными микрочастицами – 85 % (масс.) и наночастицами – 15 % (масс.). Требуемая полнота дегазации достигается при удалении более (30±7) % жидкой фазы токсичных химикатов (ТХ). Эти условия соблюдаются при применении порошковых рецептур с размером частиц менее 50 мкм. Разработанная рецептура позволяет удалить более 80 % жидкой фазы ТХ, что обеспечивает требуемую полноту дегазации специальной обработки боевой экипировки военнослужащего.

Ключевые слова: боевая экипировка военнослужащего; дегазация; капиллярные силы; микрочастицы; наночастицы; порошковые рецептуры; специальная обработка; текстильные материалы; токсичные химикаты.

Библиографическое описание: Колесников П.Н., Хантов В.П. Разработка порошковой рецептуры для эффективного удаления токсических химикатов из текстильного материала // Вестник войск РХБ защиты. 2017. Т. 1. № 4. С. 41–49.

Одним из ключевых принципов дегазации текстильных материалов является удаление жидких токсичных химикатов (ТХ) [1]. В настоящее время в России для дегазации текстильных материалов, в том числе и боевой экипировки военнослужащего (БЭВ), применяются порошковые дегазирующие рецептуры «АСК», «П-9», «ПС-1ХП», «ДПП» в пакетах «ДПС-1», «ДПП», «ДПП-М», «ДПП-М1» соответственно [2, 3]. Они предназначены для дегазации обмун-

дирования, зараженного ТХ. Рецептура «АСК» представляет собой сорбент, содержащий (масс.): Al_2O_3 14 % и SiO_2 86 %. В рецептуре «П-9» используется (масс.): 50 % активного окислителя, 50 % сорбента, из которых SiO_2 составляет 5 %. Рецептура «ПС-1ХП» состоит из (масс.): 46 % активного окислителя, 54 % сорбента, из которых SiO_2 и Al_2O_3 составляют 30,6 и 5,4 % соответственно. Дегазирующий порошок «ДПП» содержит (масс.): 30 % активного окислителя и 70 % сорбента, из

которых SiO_2 и Al_2O_3 составляют 32,6 и 5,4 % соответственно [2, 3]. Рецепт «П-9» имеет диаметр частиц до 100 мкм, «ПС-1ХП» – до 50 мкм [2], «ДПП» – до 50 мкм [3], АСК – до 100 мкм [2].

За рубежом для дегазации текстильных материалов также используют порошковые композиции. Например, на основе хлорной извести, оксида магния и гидрофобной кремниевой кислоты, приготовленной путем смешения этих компонентов в следующей пропорции (масс. %): хлорная известь – 65 % (активный окислитель), оксид магния – 33 % (хемосорбент) и кремниевая кислота 2 % [4], или смеси бентонита, активированного угля и оксида кальция [5]. Показана возможность дегазации ТХ на зараженной поверхности с использованием активированной окиси алюминия, монопероксифталата магния, Ag-цеолитов и Na-цеолитов в качестве сорбентов для разложения этих веществ [6]. Для дегазации ТХ, таких как зарин, зоман, табун (G-агенты) и VX используется дегазирующая композиция «M-291», содержащая адсорбирующий порошок «Abergard XE-555» [7]. Перечисленные иностранные дегазирующие рецептуры содержат в разных процентных отношениях SiO_2 и Al_2O_3 , за исключением «Abergard XE-555». Данные по диаметру частиц порошковых дегазирующих рецептур иностранных государств отсутствуют.

Из-за того, что жидкость в текстильном материале удерживается капиллярными силами в порах нитей, имеющих диаметр менее 20 мкм, основную часть жидкой фазы ТХ удалить не удастся [8–11], так как для этого необходимо приложить значительно большие капиллярные силы, чем силы, которые удерживают ее в поровом пространстве ткани. Отсюда следует, что для увеличения доли удаленной жидкой фазы ТХ из пористой структуры материала необходимо уменьшить размер частиц дегазирующего порошка настолько, что бы их диаметр был меньше диаметра пор, образованных волокнами [12].

Цель работы – разработка порошковой рецептуры для дегазации пористых текстильных материалов, зараженных каплями ТХ.

Материалы и методы

В исследованиях использовали текстильные материалы, порошки и жидкости.

В качестве текстильных материалов использовали четыре образца. Они соответствовали техническим условиям ТУ 8318-011-10725218-96, артикулам 405, 3303, 3306 [13]. Фотография материала с дискретным полимерным покрытием, соответствующая ТУ 8318-011-10725218-96 представлена на рисунке 1. На нем видно, что на текстильную основу (2) нанесено дискретное полимерное покрытие (1). Сама текстильная основа представляет собой материал полотнянного пе-

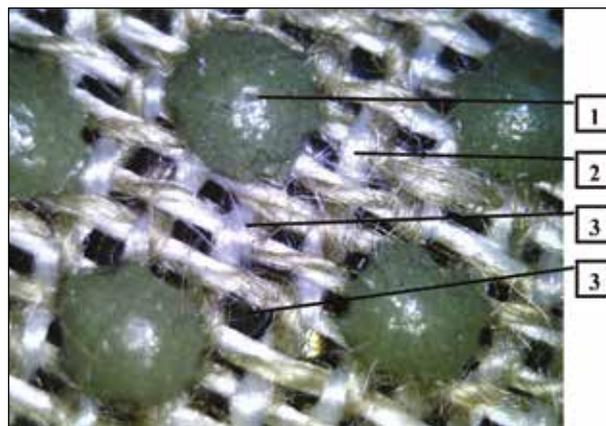


Рисунок 1 — Фотография верхнего слоя общевойскового защитного комплекта фильтрующего (увеличение в 20 раз, вид сверху). 1 – дискретное полимерное покрытие; 2 – текстильная основа; 3 – нити; 4 – межниточное пространство)

реплетения. Между нитями (3) имеется межниточное пространство (4).

Микрофотосъемку всех образцов проводили с применением устройства сопряжения оптического микроскопа с ПЭВМ. Оно разработано авторами и защищено рационализаторским предложением в ВАРХБЗ в 2014 г. Устройство состоит из оптического микроскопа Микромед-2, USB микроскопа Supereyes 008, специальной насадки, совмещающей оба микроскопа и ПЭВМ с установленным программным обеспечением Supereyes 3.35 microscop.

В качестве жидкостей использовали О-этил-S-β-диизопропиламиноэтилметилфосфонат и дибутилфталат. О-этил-S-β-диизопропиламиноэтилметилфосфонат соответствовал требованиям ОТТ 7.2.311-91, а дибутилфталат – ГОСТ 8728-88 [9-10].

В качестве порошков использовали рецептуры двух разных химических составов. Одна из них входила в состав табельного пакета ДПС-1 и соответствовала ГОСТ-217713 [11]. Она состояла из микрочастиц разных фракций. При этом в исследованиях использовали не исходную полидисперсную рецептуру, а ее монодисперсные фракции. Фракции порошка указаны в таблице 1. Их получали путем просеивания исходной полидисперсной рецептуры через сита фирмы RETSCH с требуемым сечением ячеек на виброприводе ВП 30Т.

Разработанная авторами порошковая рецептура имела новый качественный и количественный состав (масс.): Al_2O_3 12 % и SiO_2 88 %, с полидисперсными микрочастицами (с диаметром частиц менее 20 мкм) – 85 % (масс.) и наночастицами – 15 % (масс.). Микрочастицы получали указанным выше методом. Разработанную порошковую рецептуру получали механическим смешением микрочастиц и нано-

Таблица 1 — Доля оставшейся жидкой фазы в текстильном материале после обработки порошковой рецептурой

Время, мин	Доля оставшейся жидкой фазы (%) в текстильном материале после обработки порошковой рецептурой с различным диаметром частиц				
	менее 20 мкм с наночастицами	20 мкм	30 мкм	50 мкм	100 мкм
Дибутилфталат	20±2	53±3	58±4	68±7	93±9
О-этил-S-β-диизопропил-аминоэтилметилфосфонат	18±2	52±3	57±4	67±7	92±9
Полнота дегазации	+	+	+	±	-

Примечание.
Полнота дегазации достигается «+», не достигается «-», достигается не во всех случаях «±».

частиц. Частицы соответствовали ГОСТ 217713 и ГОСТ 14922-77 [11, 12].

Для разработки метода исследования процесса удаления жидкости из текстильных материалов с порошками повторяли технологию обработки порошковыми рецептурами экипировки военнослужащего, зараженную каплями ТХ. Она включала последовательное нанесение на текстильные материалы капель и порошков. Новым в этих исследованиях являлся определяемый экспериментально показатель «доли удаленной жидкой фазы из текстильных материалов с порошком». Его определяли следующим образом [15, 16]. Массу испытуемых образцов определяли путем взвешивания на аналитических весах с точностью до 0,0005 г. Далее на них наносили калиброванные по массе капли О-этил-S-β-диизопропиламиноэтилметилфосфоната или его имитатора дибутилфталата с заданной плотностью заражения. Для создания требуемой плотности заражения на ткань наносилось требуемое количество капель. Их наносили дискретно. В результате взаимодействия капли с текстильным материалом образовывался локальный участок заражения (фотография представлена на рисунке 2).

В качестве текстильного материала представлен верхний слой общевоинского защитного комплекта фильтрующего. На нем обозначен буквами «А» – зараженный каплями материал, «Б» – локальный участок заражения. На фотографиях видно, что на текстильную основу (1) нанесена капля жидкости. В результате образовался локальный участок заражения. В этой области межволоконные поры нити заполнены жидкой фазой О-этил-S-β-диизопропиламиноэтилметилфосфоната (3). При этом межниточное пространство локального участка заражения не заполнено жидкостью (4). За пределами локального участка заражения межволоконное пространство нити заполнено воздухом (5).

Исследуемые образцы выдерживали определенное время от начала нанесения капель,

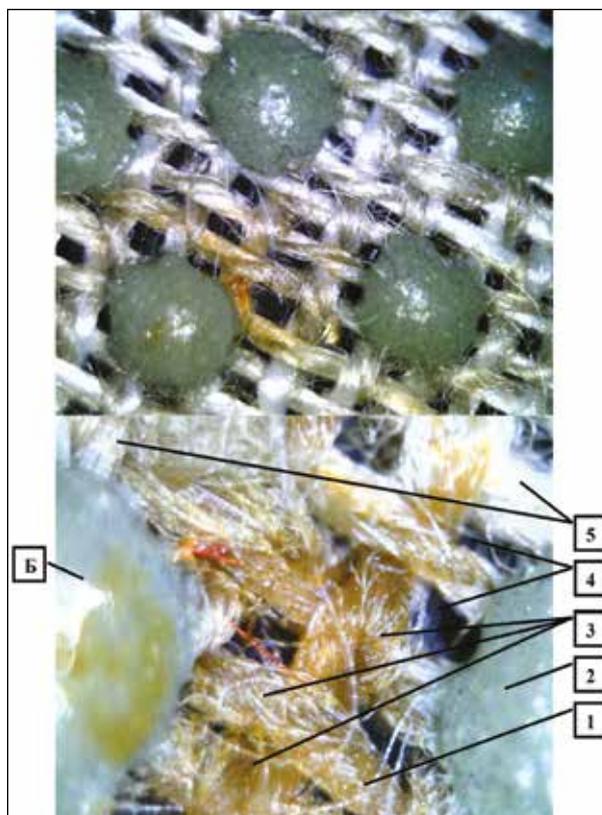


Рисунок 2 — Фотография верхнего слоя общевоинского защитного комплекта фильтрующего, на который нанесена капля О-этил-S-β-диизопропиламиноэтилметилфосфоната.

(А – зараженный каплями материал, увеличение в 20 раз, вид сверху; Б – локальный участок заражения, увеличение в 50 раз, вид сверху;

1 – текстильная основа; 2 – дискретное полимерное покрытие; 3 – межволоконные поры нити заполнены жидкой фазой О-этил-S-β-диизопропиламиноэтилметилфосфоната; 4 – межниточное пространство локального участка заражения без О-этил-S-β-диизопропиламиноэтилметилфосфоната; 5 – межволоконные поры нити без жидкости)

именуемое в дальнейшем «экспозицией заражения». Массу образцов определяли сразу после заражения и по истечении «экспозиции заражения». Количество жидкой фазы в образце рассчитывали по уравнению [15]:

$$m_{\text{ж.ф.}} = m_2 - m_1, \quad (1)$$

где $m_{\text{ж.ф.}}$ – масса жидкой фазы вещества (имитатора) в образце;

m_2 – масса образца после «экспозиции заражения»;

m_1 – масса чистого образца.

В дальнейшем на зараженные образцы наносили навески порошковой рецептуры и равномерно распределяли по всей его поверхности. На рисунке 3 в качестве текстильного материала представлен верхний слой общевого защитного комплекта фильтрующего. Буквой «А» обозначен материал, на который нанесена табельная порошковая рецептура с микрочастицами, а буквой «Б» – материал, на который нанесена порошковая рецептура с наночастицами.

На рисунке 3 видно, что в результате применения табельной порошковой рецептуры микрочастицы удерживаются на нитях за счет адгезии. При этом из межниточного пространства они слетают. Применение разработанной порошковой рецептуры позволяет не только заполнять межволоконные поры нити и межниточное пространство, но и удерживаться там порошку с наночастицами. Таким образом, изменение адгезионных свойств нового дегазирующего порошка по сравнению с табельным образцом определяется его особой структурой и наличием наночастиц.

Далее определяли массу образцов с нанесенной порошковой рецептурой. Затем выдерживали образцы определенное время от начала нанесения рецептуры, именуемое в дальнейшем «экспозицией дегазации». По истечении «экспозиции дегазации» образцы переворачивали на 1–2 с для удаления сухой порошковой рецептуры с поверхности [15].

На рисунке 4 представлены фотографии текстильных материалов, зараженных каплями О-этил-S-β-диизопропиламиноэтилметилфосфоната и обработанных порошковыми рецептурами. Буквой «А» обозначен верхний слой общевого защитного комплекта фильтрующего, на который нанесена табельная порошковая рецептура с микрочастицами.

На фотографии видно, что межволоконные поры нити заполнены жидкой фазой О-этил-S-β-диизопропиламиноэтилметилфосфоната (2). При этом в межниточном пространстве нет жидкости и микрочастиц (4). Микроастицы находятся на нитях (3). Микроастицы,

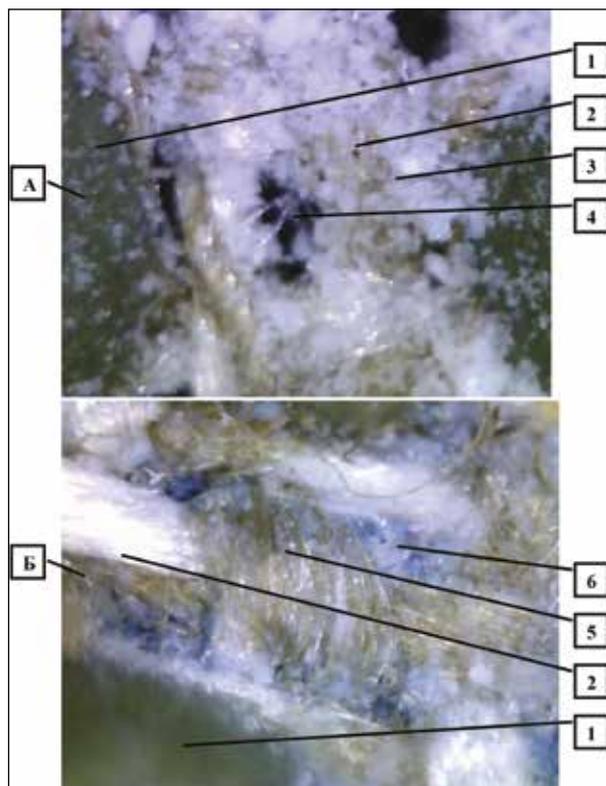


Рисунок 3 — Фотографии верхнего слоя общевого защитного комплекта фильтрующего, на который нанесены порошковые рецептуры (А – материал, на который нанесена табельная порошковая рецептура с микрочастицами, увеличение в 50 раз, вид сверху; Б – материал, на который нанесена порошковая рецептура с наночастицами, увеличение в 100 раз, вид сверху; 1 – дискретное полимерное покрытие; 2 – текстильная основа; 3 – микроастицы прилипли к нитям; 4 – межниточное пространство без микроастиц; 5 – межволоконные поры нити, заполненные порошком с наночастицами; 6 – межниточное пространство, заполненное порошком с наночастицами)

находящиеся на локальном участке заражения, впитали жидкую фазу О-этил-S-β-диизопропиламиноэтилметилфосфоната из нитей (5). Микроастицы, находящиеся на нитях, но за пределами локального участка заражения, не впитали жидкую фазу (6).

Буквой «Б» обозначен верхний слой общевого защитного комплекта фильтрующего, на который нанесена порошковая рецептура с наночастицами. На рисунке видно, что в районе локального участка заражения межволоконные поры нити и межниточное пространство заполнено микроастицами и наночастицами, в которые впиталась жидкая фаза О-этил-S-β-диизопропиламиноэтилметилфосфоната (9).

При этом наблюдается сходство и различие в удалении жидкости с микроастицами. Сход-

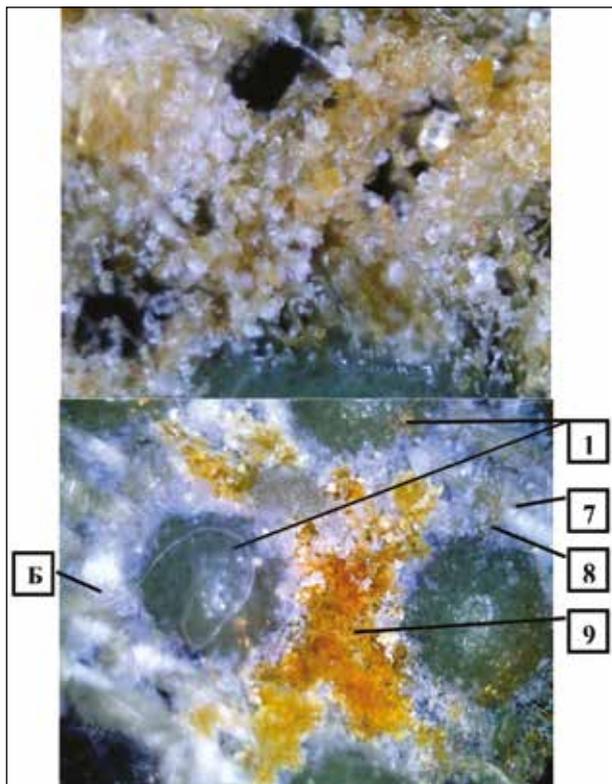


Рисунок 4 — Фотографии текстильных материалов, зараженных каплями *O*-этил-*S*- β -диизопропил-аминоэтилметилфосфоната и обработанных порошковыми рецептурами

(*A* – верхний слой общевоинского защитного комплекта фильтрующего, на который нанесена табельная порошковая рецептура с микрочастицами, увеличение в 50 раз, вид сверху; *B* – верхний слой общевоинского защитного комплекта фильтрующего, на который нанесена порошковая рецептура с наночастицами, увеличение в 20 раз, вид сверху; 1 – дискретное полимерное покрытие; 2 – межволоконные поры нити, заполненные жидкой фазой *O*-этил-*S*- β -диизопропиламиноэтилметилфосфоната; 3 – микрочастицы прилипли к нитям; 4 – межниточное пространство без микрочастиц и жидкости; 5 – микрочастицы с жидкой фазой *O*-этил-*S*- β -диизопропиламиноэтилметилфосфоната; 6 – микрочастицы без жидкой фазы *O*-этил-*S*- β -диизопропиламиноэтилметилфосфоната; 7 – межволоконные поры нити, заполненные порошком с наночастицами без жидкой фазы *O*-этил-*S*- β -диизопропиламиноэтилметилфосфоната; 8 – межниточное пространство, заполненное порошком с наночастицами без жидкой фазы *O*-этил-*S*- β -диизопропиламиноэтилметилфосфоната; 9 – межволоконные поры нити и межниточное пространство, заполненные порошком с наночастицами, в который впиталась жидкая фаза *O*-этил-*S*- β -диизопропиламиноэтилметилфосфоната)

ство заключается в удалении жидкости из нитей частицами, находящимися на них. Отличие за-

ключается в том, что жидкость из нитей впитывается в порошок, находящейся в межниточном пространстве. При этом непосредственного контакта порошка с нитью нет. Этот эффект возникает за счет особого строения разработанной порошковой рецептуры. Вне локального участка заражения межволоконные поры нити (7) и межниточное пространство заполнено смесью микрочастиц с наночастицами (8). Они не впитали жидкую фазу *O*-этил-*S*- β -диизопропиламиноэтилметилфосфоната.

Затем определяли массу образцов и рассчитывали количество рецептуры, которая осталась на их поверхности. Оставшуюся на поверхности образца порошковую рецептуру удаляли путем встряхивания до прекращения ссыпания порошка с образца, после чего вновь определяли массу образцов. При проведении эксперимента необходимо исключить удаление нитей с испытуемых образцов, так как это нарушает условия эксперимента [16].

Параллельно проводили аналогичные эксперименты без нанесения на образцы *O*-этил-*S*- β -диизопропиламиноэтилметилфосфоната или его имитатора [9, 10].

Количество жидкой фазы вещества (имитатора), оставшейся в образцах, рассчитывали по уравнению [15]:

$$m'_{\text{ж.ф.}} = m_3 - m'_2, \quad (2)$$

где $m'_{\text{ж.ф.}}$ – масса жидкой фазы вещества (имитатора) оставшейся в образце;

m_3 – масса образца после встряхивания с нанесенным веществом (имитатором);

m'_2 – масса образца после встряхивания в эксперименте без имитатора.

Массу удаленной (продегазированной) жидкой фазы вещества (имитатора) рассчитывали по уравнению [15]:

$$m_{\text{у.ж.}} = m_{\text{ж.ф.}} - m'_{\text{ж.ф.}}, \quad (3)$$

где $m_{\text{у.ж.}}$ – масса удаленной (продегазированной) жидкой фазы вещества (имитатора);

$m_{\text{ж.ф.}}$ – масса жидкой фазы вещества (имитатора) в образце;

$m'_{\text{ж.ф.}}$ – масса жидкой фазы вещества (имитатора), оставшейся в образце.

Исследования опасности текстильных материалов, зараженных каплями ТХ, после процесса дегазации, проведенные по методикам, описанным нами ранее [8, 9].

Результаты и обсуждение

В результате исследований определяли: количество ТХ, нанесенного на материал (Q_0 , мг/м²); количество ТХ, оставшегося в материале после обработки порошком (Q , мг/м²); значение массопереноса ТХ с материала (A , мг/м²). Зна-

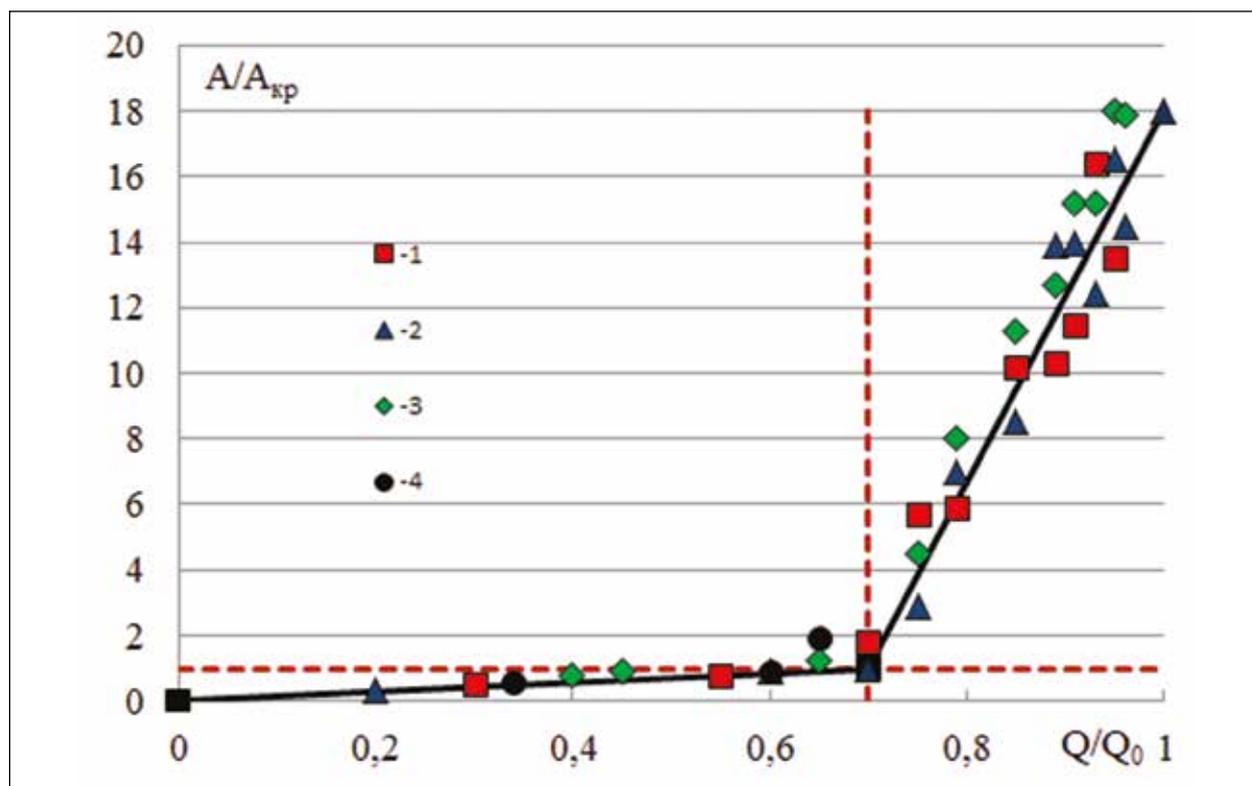


Рисунок 5 — Полнота дегазации текстильных материалов, зараженных каплями О-этил-S-β-диизопропиламиноэтилметилфосфоната, в зависимости от доли оставшегося вещества (1 – арт. 405; 2 – ТУ-96; 3 – арт. 3303; 4 – арт. 3306)

чение массопереноса ТХ с материала сравнивали с критериальным значением ($A_{кр}$, мг/м²). Полнота дегазации достигалась при условии $A/A_{кр} \leq 1$. Рассчитывали степень опасности зараженных материалов ($A/A_{кр}$) и долю оставшегося в материале ТХ (Q/Q_0). Полученные результаты использовали при изучении зависимости степени опасности зараженных материалов ($A/A_{кр}$) от доли оставшихся в материале ТХ (Q/Q_0) (рисунок 5).

На основании представленных данных для О-этил-S-β-диизопропиламиноэтилметилфосфоната можно сделать вывод о том, что для обеспечения полноты дегазации текстильных материалов, зараженных различными ТХ, необходимо продегазировать (или удалить) не менее (30±7) % от нанесенного ТХ (при условии заражения ткани 1 г/м², массе капли 0,1 мг, температуре 22 °С и влажности воздуха 65 %) [8].

Следовательно, порошковая рецептура, содержащая (масс.) Al₂O₃ 12 % и SiO₂ 88 %, с полидисперсными микрочастицами – 85 % (масс.) и наночастицами – 15 % (масс.), обеспечивает повышение полноты дегазации верхних слоев табельных образцов БЭВ, зараженных каплями ТХ, за счет увеличения доли удаленной жидкой фазы ТХ из пористой структуры материала. Основным существенным отличием от ранее разработанных

рецептур является химический состав и разница в диаметре частиц порошка.

Результаты, представленные в таблице 1, показывают, что требуемая полнота дегазации достигается при удалении более (30±7) % жидкой фазы ТХ. Эти условия соблюдаются при применении порошковых рецептур с размером частиц менее 50 мкм. Применение разработанной рецептуры в качестве дегазирующего агента позволяет удалить более 80 % жидкой фазы ТХ и обеспечить требуемую полноту дегазации [8, 17].

Выводы

1. В результате проведенных исследований разработана порошковая рецептура с новым качественным и количественным составом (масс.): Al₂O₃ 12 % и SiO₂ 88 %, с полидисперсными микрочастицами – 85 % (масс.) и наночастицами – 15 % (масс.), обеспечивающая полноту дегазации верхних слоев табельных образцов боевой экипировки военнослужащего, зараженных каплями ТХ.

2. Дегазация боевой экипировки военнослужащего, зараженной каплями ТХ, достигается при удалении из пористой структуры материала более (30±7) % ее жидкой фазы. Эти условия соблюдаются при применении в составе порошковой рецептуры частиц размером менее 50 мкм.

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.

Список источников

1. Радущий В.Ю., Шульженко В.Н., Рубанов Ю.К. Средства и способы радиационной и химической защиты: учебное пособие. Белгород: Белгородский государственный университет им. В.Г. Шухова, 2008.

2. Лепешинский И.Ю., Кутепов В.А., Полодев В.П. Средства и способы радиационной и химической защиты: учебное пособие. Омск: ОмГТУ, 2008.

3. Патент РФ № 2307691 RU (2006).

4. Patent № 3625583 DE (1986).

5. Patent № 300771 DD (1978).

6. Patent. № 6,537,382 B1 US (2000).

7. Patent № 2000074787 WO (2000).

8. Патент РФ № 2585028 RU (2014).

9. Патент №2585027 RU (2016).

10. ГОСТ 8728-88. Пластификаторы. Технические условия. М.: Государственный комитет СССР по стандартам, 1988.

11. ГОСТ 217713. Алумосиликатный катализатор молотый. Технические условия. М.: Государственный комитет СССР по стандартам, 1971.

12. ГОСТ 14922-77. Аэросил. Технические условия. М.: Государственный комитет СССР по стандартам, 1977.

13. ТУ 8318-011-10725218-96. Материал Винилискожа-Т с дискретным покрытием. Технические условия. Иваново: Фабитекс, 1999. НПО «Неорганика».

14. Колесников П.Н., Киселев А.М. Имита-

тор заражения текстильных материалов О-изобутил-S-2-(N,N-диэтиламино) этилметилфосфонатом и его удаления порошковыми рецептурами // Вестник Казанского технологического университета. 2016. Т. 19. № 3. С. 82–85.

15. Колесников П.Н., Хантов В.П., Мигачев Ю.С., Соснин Н.И. Полидисперсная порошковая рецептура с наночастицами для дегазации текстильных материалов // Национальные приоритеты России. Серия 1: Наука и военная безопасность. 2016. № 4(7). С. 101–104.

16. Колесников П.Н., Иванов А.Н. Применение нанопорошков для снижения опасности текстильных материалов одежды и специальных средств защиты, зараженных жидкими сильнодействующими ядовитыми веществами в результате аварии на химически-опасном объекте // Известия высших учебных заведений. Технология текстильной промышленности. 2015. № 5(358). С. 211–214.

17. Киселев А.М., Колесников П.Н. Организационные вопросы по применению нанопорошков для снижения зараженности материалов одежды и специальных средств защиты, зараженных жидкими сильнодействующими ядовитыми веществами в результате аварии на химически-опасном объекте // ГосРег: государственное регулирование общественных отношений. 2015. № 1(11). С. 20.

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.

Колесников Павел Николаевич. Преподаватель кафедры средств защиты от оружия массового поражения, канд. хим. наук, доцент.

Хантов Вячеслав Павлович. Начальник кафедры средств защиты от оружия массового поражения, канд. хим. наук, доцент.

Адрес для переписки: Колесников Павел Николаевич; varhbz@mil.ru

Development of a Powder Formulation for Effective Removal of Toxic Chemicals from Textile Materials

P.N. Kolesnikov, V.P. Khantov

*The Federal State Official Military Educational Establishment of Higher Education
«Military Academy of Radiological, Chemical and Biological Defence
named after Marshal of the Soviet Union S.K. Timoshenko»,
Gorky Street 16, Kostroma 156015, Russian Federation*

The article is dedicated to the development of a powder formulation for the decontamination of textile materials. The degassing effect is achieved due to the capillary effect, created by the nanoparticles, included in the above mentioned formulation, that penetrate into the pores of the fibres of the textile material. The degassing formulation contains (weight) Al_2O_3 12 % и SiO_2 88 %, with polydisperse microparticles 85 % (weight) and nanoparticles 15 % (weight). The necessary completeness of the decontamination is achieved after the removal of more than (30 ± 7) % of the liquid phase of toxic chemicals. This result may be achieved after the use of powder formulations with particles with an average size of less than $50 \mu\text{m}$. The elaborated powder formulation allows to remove more than 80 % of the liquid phase of toxic chemical, that provides the necessary completeness of the decontamination of military equipage.

Keywords: decontamination; textile materials; toxic chemicals; nanoparticles; powder formulation.

For citation: Kolesnikov P.N., Khantov V.P. Development of a Powder Formulation for Effective Removal of Toxic Chemicals from Textile Materials // Journal of NBC Protection Corps. 2017. V. 1. № 4. P. 41–49.

Conflict of interest statement

The authors has 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.

References

1. Radutskiy V.Yu., Shulzhenko V.N., Rubanov Yu.K. Radiological and Chemical Defence Means and Equipment. Study Guide. Belgorod, Belgorod State University, 2008 (in Russian).
2. Lepeshinsky I.Yu., Kutepov V.A., Polodeev V.P. Radiological and Chemical Defence Means and Equipment. Study Guide. Omsk, Omsk State Technical University, 2008 (in Russian).
3. Patent RF № 2307691 RU (2006) (in Russian).
4. Patent № 3625583 DE (1986).
5. Patent № 300771 DD (1978).
6. Patent. № 6,537,382 B1 US (2000).
7. Patent № 2000074787 WO (2000).
8. Patent RF № 2585028 RU (2014) (in Russian).
9. Patent RF № 2585027 RU (2016) (in Russian).
10. State standart 8728-88. Plasticizers. Technical conditions [Tekst]. Moscow : State Committee USSR for Standards, 1988 (in Russian).
11. State standart 217713. Aluminosilicate catalyst ground. Technical conditions [Tekst]. Moscow : State Committee USSR for Standards, 1971 (in Russian).
12. State standart 14922-77. Aerosil. Technical conditions [Tekst]. Moscow : State Committee USSR for Standards, 1977 (in Russian).
13. Technic Specifications 8318-011-10725218-96. Material Viniliskozha-T with Discrete Surface. Technic Specifications. Ivanovo, Fabitex. NPO «Neorganica» (in Russian).
14. Kolesnikov P.N. Imitator of contamination of textile materials with O-isobutyl-S-2-(N,N-diethylamino) ethylmethylphosphonate and its removal by powder formulations // Bulletin of the Kazan Technological University. 2016. V. 19. № 3. P. 82–85 (in Russian).
15. Kolesnikov P.N., Khantov V.P., Migachev Yu.S., Sosnin N.I. Polydisperse powder formulation with nanoparticles for degassing of textile materials // National Priorities of Russia. Series 1: Science and Military Security. 2016. № 4(7). P. 101–104 (in Russian).
16. Kolesnikov P.N. The use of nanopowders to reduce the danger of textile clothing materials and special protective equipment contaminated with liquid potent poisonous substances as a result of an accident at a chemically hazardous facility // News of Higher Educational Establishments. Technology of the textile industry. 2015. №5 (358). Pp. 211–214 (in Russian).
17. Kiselev A.M. Organizational questions on the use of nanopowders to reduce the contamination of clothing materials and special protective equipment contaminated with liquid potent poisonous substances as a result of an accident at a chemically hazardous facility // GosReg: state regulation of public relations. 2015. №1 (11). P. 20 (in Russian).

Authors

The Federal State Official Military Educational Establishment of Higher Education «Military Academy of Radiological, Chemical and Biological Defence named after Marshal of the Soviet Union S.K. Timoshenko». Gorky Street 16, Kostroma 156015, Russian Federation.

Kolesnikov P.N. Teacher of the Department of means of protection against weapons of mass destruction. Candidate of Chemical Sciences, Associate Professor.

Khantov V.P. Head of the Department of means of protection against weapons of mass destruction. Candidate of Chemical Sciences, Associate Professor.

Address: Kolesnikov Pavel Nikolaevich; varhbz@mil.ru

Методические аспекты утилизации павших животных при ликвидации очагов эпизоотий

Д.Л. Поклонский, А.В. Матвеев, Д.Е. Чифанов, О.Ю. Дурилов,
Д.А. Зыгин, Н.В. Ермилов, Е.Е. Лагуткина, Г.Г. Еремин

Научно-исследовательский центр (экспертный, химических и биологических угроз, г. Москва) федерального государственного бюджетного учреждения «48 Центральный научно-исследовательский институт» Министерства обороны Российской Федерации, 105005, Российская Федерация, г. Москва, Бригадирский пер., д. 13

Поступила 01.12.2017 г. Принята к публикации 20.12.2017 г.

В ходе ликвидации эпизоотии сибирской язвы в Ямало-Ненецком автономном округе (ЯНАО), органами исполнительной власти этого субъекта Российской Федерации было организовано взаимодействие с Министерством обороны Российской Федерации по вопросам оказания помощи в ликвидации чрезвычайной ситуации с привлечением сил и средств войск радиационной, химической и биологической защиты Вооруженных Сил Российской Федерации (далее – войска РХБЗ). Практическая реализация данной задачи войсками РХБЗ осложнялась массовостью падежа животных на обширной территории, отсутствием подъездных путей, сложностью доставки специализированной техники, а также невозможностью транспортировки павших животных с учетом требований регламента «Ветеринарно-санитарных правил сбора, утилизации и уничтожения биологических отходов». В рамках обеспечения научно-методического сопровождения локализации и ликвидации эпизоотии в ЯНАО специалистами ФГБУ «48 ЦНИИ» Минобороны России было предложено техническое решение по утилизации трупов животных посредством сжигания с использованием нефтепродуктов и резинотехнических изделий с последующей дезинфекцией. Реализация указанного технического решения предполагает следующие мероприятия: на поверхности в непосредственной близости от павшего животного сооружается поддон, состоящий из отработанных автопокрышек; во внутреннее пространство поддона укладывают «нарезку» из отработанных автопокрышек грузовых автомобилей (далее – НАП); укладывают труп животного на поддон, обкладывая его с наветренной стороны и сверху НАП; обливают нефтепродуктами поддон, труп животного и НАП; производят поджог нефтепродуктов с соблюдением требований безопасности. Таким способом было оперативно утилизировано более 1,5 тыс. трупов павших оленей и 10 собак на территории 100×110 км. Одновременно выявлена необходимость уточнения (дополнения) существующей нормативно-методической базы по обеспечению проведения эффективных дезинфекционных мероприятий и утилизации трупов павших животных.

Ключевые слова: противоэпизоотические мероприятия, северные олени; сибирская язва; утилизация; эпизоотия.

Библиографическое описание: Поклонский Д.Л., Матвеев А.В., Чифанов Д.Е., Дурилов О.Ю., Зыгин Д.А., Ермилов Н.В., Лагуткина Е.Е., Еремин Г.Г. Методические аспекты утилизации павших животных при ликвидации очагов эпизоотий // Вестник войск РХБ защиты. 2017. Т. 1. № 4. С. 50-58.

Возникновение эпизоотий, вызванных трансграничным переносом возбудителей инфекционных заболеваний, связанных с естествен-

ными миграционными процессами, транспортировкой продуктов животноводства из регионов, подверженных эпизоотиям, а также активацией



А



Б

Рисунок 1 — Массовые падежи животных (А – павшие олени, Б – павшие свиньи (рисунки из сети Интернет))

природных очагов экономически значимых заболеваний животных определяет необходимость повышения готовности уполномоченных служб к скорейшей локализации и ликвидации очагов, в том числе путем утилизации павших и вынужденно умерщвленных животных [1–3].

Утилизация путем сжигания сотен, а иногда и тысяч трупов животных является сложной технической задачей, решение которой требует привлечения значительных материальных и людских ресурсов (рисунок 1).

Крупнейшие эпизоотии на территории Российской Федерации в 2016–2017 г. [4], вызванные возбудителями сибирской язвы¹ (Ямало-Ненецкий автономный округ (далее – ЯНАО), африканской чумы свиней^{2,3,4,5} (Владимирская, Нижегородская и Омская области, 2017 г.), ящура (Республика Башкортостан, 2017 г.) повлияли не только на сельскохозяйственную деятельность, но и на вопросы продовольственной безопасности Российской Федерации, причинив существенный экономический ущерб. Так, с момента занесения африканской чумы свиней (2007 г.) на территорию Российской Федерации потери свиноводческого комплекса составили около 800 тыс. голов, прямые убытки от африканской чумы свиней составили около 5 млрд рублей, косвенные – от 50 до 70 млрд рублей (рисунок 2).

Локализация и ликвидация очагов опасных заболеваний требует незамедлительного уничто-

жения источника инфекции, в том числе путем сжигания трупов животных. Практическая отработка методики утилизации павших животных в сложных климатических и географических условиях была нами осуществлена в ходе вспышки сибирской язвы на территории ЯНАО в 2016 г. Цель работы – обобщение накопленного опыта утилизации павших животных при ликвидации очагов эпизоотий сибирской язвы в ЯНАО в 2016 г.

Работы по локализации и ликвидации очага эпизоотии сибирской язвы в ЯНАО осложнялись удаленностью региона, особенностями местности, которая располагается в трех климатических зонах (арктической, субарктической и зоне северной полосы Западно-Сибирской низменности), наличием многолетней мерзлоты, близостью холодного Карского моря, обилием заливов, рек, болот и озер, отсутствием транспортных путей подвоза материальных средств к очагу эпизоотии [5] (рисунок 3).

В ходе ликвидации сибирской язвы в ЯНАО зона чрезвычайной ситуации, вызванная эпизоотией, составляла 45–60 км², поголовье оленей угрожаемой зоны – около 100 тыс. голов [6], что потребовало от Министерства обороны Российской Федерации привлечения дополнительных сил и средств (рисунок 4).

Органами исполнительной власти ЯНАО было организовано взаимодействие с Министерством обороны Российской Федерации

¹ Федеральная служба по ветеринарному и фитосанитарному надзору: Эпизоотическая ситуация. URL: <http://www.fsvps.ru/fsvps-docs/ru/iac/rf/2016/iac2016.pdf> (дата обращения: 23.11.2017).

² Федеральная служба по ветеринарному и фитосанитарному надзору: Эпизоотическая ситуация. URL: <http://www.fsvps.ru/fsvps/news/22577.html> (дата обращения: 23.11.2017).

³ Федеральная служба по ветеринарному и фитосанитарному надзору: Эпизоотическая ситуация. URL: <http://www.fsvps.ru/fsvps/news/22330.html> (дата обращения: 23.11.2017).

⁴ Федеральная служба по ветеринарному и фитосанитарному надзору: Эпизоотическая ситуация. URL: <http://www.fsvps.ru/fsvps/news/23138.html> (дата обращения: 23.11.2017).

⁵ Федеральная служба по ветеринарному и фитосанитарному надзору: Эпизоотическая ситуация. URL: <http://www.fsvps.ru/fsvps/news/230090.html> (дата обращения: 23.11.2017).

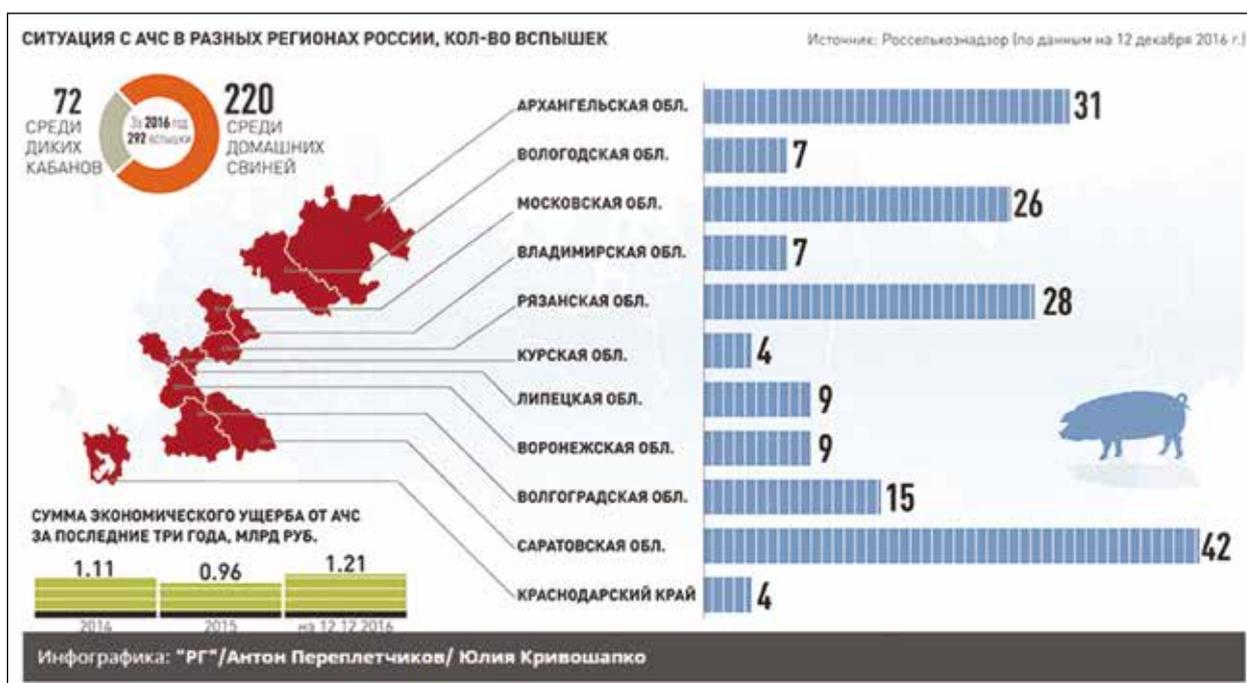


Рисунок 2 — Сумма экономического ущерба от африканской чумы свиней за период 2014–2016 гг.¹

¹ Куликов С. Экономический ущерб от африканской чумы свиней исчисляется уже миллиардами рублей // Российская газета. 2016. № 7156/(288) (дата обращения: 23.11.2017).



Рисунок 3 — Географические особенности местности ЯНАО

по вопросам оказания помощи в локализации и ликвидации зоны эпизоотии с привлечением сил и средств войск радиационной, химической и биологической защиты Вооруженных Сил Российской Федерации (далее – войска РХБ защиты). На войска РХБ защиты были возложены задачи, представленные на рисунке 5.

Ликвидация очага эпизоотии осложнялась массовостью падежа животных на обширной территории, отсутствием подъездных путей, невозможностью прибытия специализированной техники, а также сложностью транспортировки павших животных с соблюдением требований регламента «Ветеринарно-санитарные правила сбора, утилизации и уничтожения биологических отходов» (далее – Ветправила) [7].

В Ветправилах приведены способы утилизации методом сжигания трупов животных в траншеях (приведены различные конфигурации траншей с указанием их габаритов) с использованием в качестве горючих материалов дров, резиновых отходов и других твердых горючих материалов, а также описаны возможности по сжиганию трупов животных в специальных печах.

Проблема утилизации павших животных в ЯНАО была связана с необходимостью разработки особого способа утилизации трупов с учетом климатических условий данной местности, необходимостью проведения мероприятий за короткое время на обширной территории. Методы сжигания, описанные в Ветправилах, затруднили бы оперативность выполнения мероприятий [8].

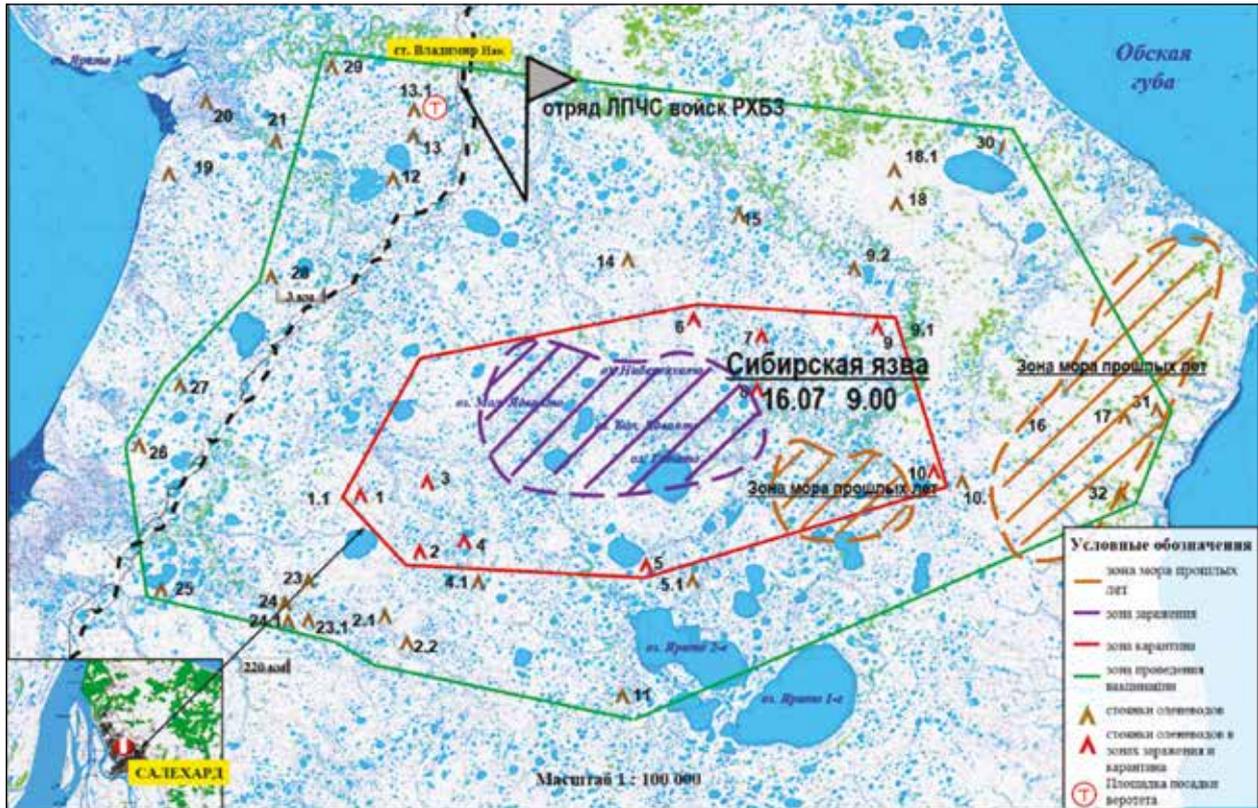


Рисунок 4 — Схема очагов сибирской язвы в ЯНАО



Рисунок 5 — Задачи, возложенные на войска РХБ защиты

С помощью данного технического решения было утилизировано более 1,5 тыс. павших оленей и 10 собак на территории 100×110 км в сложных природно-климатических условиях при минимизации риска экологических последствий.

Предложенное техническое решение не описано в патентной и научно-технической литературе, оно отличается от описанных в Вет-правилах и характеризуется простотой сооружаемого устройства, не требует использования траншеи, что позволяет локализовать и ликви-

дировать очаги эпизоотии в сжатые сроки на обширной территории.

Таким образом, в условиях массового падежа животных на обширной территории при отсутствии подъездных путей, невозможности прибытия специализированной техники, практическое применение описанного технического решения позволило значительно сократить материальные затраты и время, требуемое для ликвидации эпизоотического очага.

Вместе с тем, при практической работе в очагах сибирской язвы выявлена необходимость



Рисунок 6 — Отбор биоматериала специалистами войск РХБ защиты и проведение лабораторного анализа



Рисунок 7 — Утилизации трупов павших животных специалистами войск РХБ защиты



Рисунок 8 — Проведение специалистами войск РХБ защиты специальной обработки техники и средств индивидуальной защиты

уточнения (дополнения) существующей нормативно-методической базы по обеспечению проведения эффективных дезинфекционных мероприятий и утилизации трупов животных сжиганием в местах падежа, и по формированию эпидемических резервов на уровне регионов, включающих вакцины, химиопрепараты, средства лабораторной диагностики, дезинфекции.

Использование мобильных и стационарных специальных печей было невозможно в силу того, что зона эпизоотии находилась на значительном удалении от транспортных маршрутов. Сжигание павших животных в полевых условиях

в траншеях требует значительного времени и существенных материальных затрат [9].

В рамках осуществления научно-методического сопровождения ликвидации и локализации эпизоотии в ЯНАО специалистами ФГБУ «48 ЦНИИ» Минобороны России было предложено техническое решение по утилизации трупов животных на поверхности посредством сжигания с использованием нефтепродуктов и резинотехнических изделий с последующей дезинфекцией.

Реализация указанного технического решения предполагает следующие мероприятия:

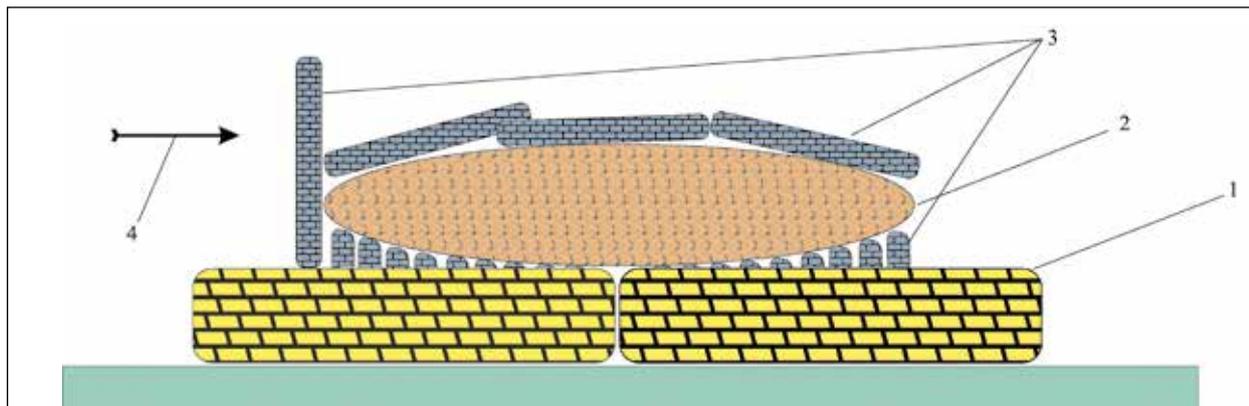


Рисунок 9 — Техническое решение по утилизации павших животных (1 – отработанные автопокрышки; 2 – труп животного; 3 – нарезки отработанных автопокрышек грузовых автомобилей; 4 – направление ветра)

на поверхности в непосредственной близости от павшего животного сооружается поддон, состоящий из отработанных автопокрышек;

во внутреннее пространство поддона укладывают нарезку из отработанных автопокрышек грузовых автомобилей (далее – НАП);

укладывают труп животного на поддон, обкладывая его с наветренной стороны и сверху НАП; обливают нефтепродуктами поддон, труп животного и НАП;

производят поджог нефтепродуктов с соблюдением требований безопасности (рисунок 9).

С помощью данного технического решения было утилизировано более 1,5 тыс. павших оленей и 10 собак на территории 100×110 км в сложных природно-климатических условиях при минимизации риска экологических последствий.

Предложенное техническое решение не описано в патентной и научно-технической литературе, оно отличается от описанных в Ветправилах и характеризуется простотой сооружаемого устройства, не требует использования

траншеи, что позволяет локализовать и ликвидировать очаги эпизоотии в сжатые сроки на обширной территории.

Таким образом, в условиях массового падежа животных на обширной территории при отсутствии подъездных путей, невозможности прибытия специализированной техники, практическое применение описанного технического решения позволило значительно сократить материальные затраты и время, требуемое для ликвидации эпизоотического очага.

Вместе с тем, при практической работе в очагах сибирской язвы выявлена необходимость уточнения (дополнения) существующей нормативно-методической базы по обеспечению проведения эффективных дезинфекционных мероприятий и утилизации трупов животных сжиганием в местах падежа, и по формированию эпидемических резервов на уровне регионов, включающих вакцины, химиопрепараты, средства лабораторной диагностики, дезинфекции.

БЛАГОДАРНОСТИ

Авторы выражают свою признательность Александру Сергеевичу Морозову, Алексею Александровичу Сулопарову и Алексею Валерьевичу Ковальчуку – специалистам ФГБУ «48 ЦНИИ» Минобороны России, осуществившим практическую апробацию данного технического решения.

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.

Список источников

1. Макаров В.В. Африканская чума свиней. М.: РУДН, 2011. 268 с.
2. Lyra T. The Eradication of African Swine Fever in Brazil, 1978–1984 // Rev. Sci. Tech. 2006. V. 25, № 1. P. 93–103.
3. Sánchez-Vizcaíno J.M., Martínez-López B., Marta Martínez-Avilés M. et al. Scientific review on African Swine Fever // CFP/EFSA/AHAW/2007/2. 2009.
4. Федеральная служба по ветеринарному и фитосанитарному надзору: Эпизоотическая ситуация. URL: <https://www.fsvps.ru/fsvps/print/press/453275.html> (дата обращения: 23.11.2017).
5. Баулин В.В., Аксенов В.И., Дубиков Г.И. и др. Геоэкологические условия освоения Бованенковского месторождения. Т. 2: // Инженерно-геологический мониторинг промыслов Ямала. В 2 т. / Под ред. Цибульского В.Р. Тюмень: Институт проблем освоения Севера СО РАН, 1996.
6. Попова А.Ю., Демина Ю.В., Ежлова Е.Б. и др. Вспышка сибирской язвы в ямало-ненецком автономном округе в 2016 году, эпидемиологические особенности // Проблемы особо опасных инфекций. 2016. № 4. С. 42–46. DOI: 10.21055/0370-1069-2016-4-42-46
7. Ветеринарно-санитарные правила сбора, утилизации и уничтожения биологических отходов, утв. Главным государственным ветеринарным инспектором Российской Федерации 4 декабря 1995 г. № 13-7-2/469.
8. Мкртумян А. В., Кудрявцев Е. А., Технологические аспекты сжигания трупов павших и вынужденно убитых животных при эпизоотии // Российский журнал «Проблемы ветеринарной санитарии, гигиены и экологии». 2015; № 3(15). С. 72–75.
9. Патент РФ № 2371400 (2014).

Об авторах

Научно-исследовательский центр (экспертный, химических и биологических угроз, г. Москва) федерального государственного бюджетного учреждения «48 Центральный научно-исследовательский институт» Министерства обороны Российской Федерации, 105005, Российская Федерация, г. Москва, Бригадирский пер., д. 13.

Поклонский Дмитрий Леонидович. Начальник Центра, д-р техн. наук.

Еремин Геннадий Геннадьевич. Заместитель начальника Центра по НИР, канд. мед. наук.

Дурилов Олег Юрьевич. Заместитель начальника Центра.

Зыгин Денис Александрович. Начальник отдела, канд. хим. наук.

Матвеев Александр Викторович. Старший научный сотрудник.

Чифанов Дмитрий Евгеньевич. Старший научный сотрудник.

Лагуткина Екатерина Евгеньевна. Научный сотрудник.

Ермилов Николай Владимирович. Младший научный сотрудник.

Адрес для переписки: Матвеев Александр Викторович; 48cni_expert-1@mil.ru

Methodical Aspects of Disposal of Dead Animals in the Elimination of the Epizootic Focus

D.L. Poklonskii, A.V. Matveev, D.E. Chifanov, O.Yu. Durilov,

D.A. Zygin, N.V. Ermilov, E.E. Lagutkina, G.G. Eremin

Scientific Research Center (expert, chemical and biological threats, Moscow) of Federal State Budgetary Institution «48 CRI» of the Ministry of Defence of the Russian Federation, 105005, Russian Federation, Moscow, Brigadirskii Lane 13

The members of the executive bodies of the Yamalo-Nenets Autonomous Okrug (District) (YaNAO) organized the interaction on assistance in emergency response between the Ministry of Defence of the Russian Federation and the Troops of Radiological, Chemical and Biological Protection of the Russian Federation Armed Forces (hereinafter referred to as the troops of RCBP) during the elimination of the epizootic anthrax in this constituent territory of the Russian Federation. The practical implementation of this mission by the troops of RCBP was complicated by the mass mortality of animals on a vast territory, the lack of access roads, the difficulty of delivering specialized equipment, and the impossibility of transporting dead animals, taking into account the requirements of the regulations «Veterinary and Sanitary Rules for Collection, Utilization and Destruction of Biological Waste». Experts of the FSBI «48 Central Research Institute» of the Russian Ministry of Defence proposed a technical solution for the utilization of animal dead bodies by means of incineration using oil products and rubber technical goods with subsequent disinfection as part of the provision of scientific and methodological support for the localization and elimination of the epizootic in the Yamal-Nenets Autonomous Okrug. The implementation of this technical solution involves the following measures: a pallet is constructed on the surface in the immediate vicinity of the dead animal, consisting of used tires. Then, in the interior space of the pallet, a «cutting» of used truck tires (hereinafter referred to as «TT») is laid; the animal's corpse is stacked on a pallet, overlaying it on the windward side and on top of the TT; pour oil on pallet and on the corpse of animal and TT; produce arson of petroleum products in compliance with safety requirements. In this way, more than 1.5 thousand corpses of dead deer and 10 dogs were promptly disposed in the territory of 100x110 km. Simultaneously, the need to clarify (supplement) the existing regulatory and methodological framework for ensuring effective disinfection measures and utilization of corpses of dead animals was identified.

Keywords: anti-epidemic measures; reindeers; anthrax; elimination; epizootic.

For citation: Poklonskii D.L., Matveev A.V., Chifanov D.E., Durilov O.Yu., Zygin D.A., Ermilov N.V., Lagutkina E.E., Eremin G.G. Methodical Aspects of Disposal of Dead Animals in the Elimination of the Epizootic Focus // Journal of NBC Protection Corps. 2017. V. 1. № 4. P. 50–58.

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.

References

1. Makarov V.V. African swine fever. Moscow: RUDN, 2011. 268 p. (in Russian).
2. Lyra T. The Eradication of African Swine Fever in Brazil, 1978–1984 // Rev. Sci. Tech. 2006. V. 25, № 1. P. 93–103. (in Russian).
3. Sánchez-Vizcaíno J.M., Martínez-López B., Marta Martínez-Avilés M. et al. Scientific review on African Swine Fever // CFP/EFSA/AHAW/2007/2. 2009. (in Russian).
4. Federal Veterinary and Phytosanitary Monitoring Service. Epizootic situation. URL: <https://www.fsvps.ru/fsvps/print/press/453275.html> (date of reference: 23.11.2017). (in Russian)
5. Baulin V.V., Aksenov V.I., Dubikov G.I. et al., Engineering-geological monitoring of Yamal crafts // Tyumen: Institute of Northern Development RAS SB, 1996 (in Russian).
6. Popova A.Yu., Demina Yu.V., Ejlova E.B. et al., Outbreaks of anthrax in the Yamalo-Nenets Autonomous Okrug in 2016, epidemiological profile // Problemy osobo opasnykh infektsii. 2016. V. 4. P. 42-46. DOI: 10, 21055/0370-1069-2016-4-42-46 (in Russian).
7. The Veterinary and Sanitary Rules of Gathering, Recycling and Destruction of Biological. Wastes adopted by the Chief State Veterinary Inspector of the Russian Federation on October 14, 1994, № 13-7-2/469 (in Russian).
8. Mkrtumyan A.V., Kudryavtsev E.A., Korzhevenko G.N. Problems on burning the biological residues and scraps in case of epizooties// Russian Journal «Problems on Veterinary Sanitation, Hygiene and Ecology». 2012; № 2(8). P. 57–58 (in Russian).
9. Patent RU № 2371400 (2014).

Authors

Scientific Research Center (Expert, Chemical and Biological Threats, Moscow) of Federal State Budgetary Institution «48 CRI» of the Ministry of Defence of the Russian Federation, 105005, Russian Federation, Moscow, Brigadirskii Lane 13.

Poklonskii D.L. Chief of the Centre. Doctor of Technical Sciences.

Matveev A.V. Senior Researcher of the Scientific and Research Department.

Eremin G.G. Senior Researcher of the Centre. Candidate of Medical Sciences.

Chifanov D.E. Senior Researcher of the Scientific and Research Department.

Durilov O.Yu. Deputy Chief of the Centre.

Zygin D.A. Chief of the Scientific and Research Department. Candidate of Chemical Sciences.

Ermilov N.V. Researcher of the Scientific and Research Department.

Lagutkina E.E. Researcher of the Scientific and Research Department.

Adress: Matveev Aleksandr Viktorovich; 48cnii_expert-1@mil.ru

Концептуальный подход к военно-экономическому обоснованию перспектив развития вооружения и средств радиационной, химической и биологической защиты

А.Е. Ерин, А.С. Дурнов, Г.В. Скобликов

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 14.12.2016 г. Принята к публикации 04.12. 2017 г.

Одним из важных направлений исследований, проводимых в 33 ЦНИИИ Минобороны России, является разработка совместно с ведущими НИУ Министерства обороны научно-теоретической базы обоснования программ и планов развития системы вооружения войск РХБ защиты. Формирование программных мероприятий осуществляется в рамках методологии программного планирования с применением военно-экономического обоснования перспектив развития системы вооружения и средств РХБ защиты. Проводимые исследования направлены на решение актуальной задачи качественного перехода на перспективный уровень технологического развития образцов вооружения и средств РХБ защиты. Бюджетные ограничения финансирования военных расходов государства обуславливают необходимость проведения исследований в интересах совершенствования теоретических основ и практических методов поддержки принятия решений в области обеспечения РХБ безопасности государства. Цель проводимого исследования заключается в разработке концептуального подхода к повышению эффективности использования финансовых ресурсов государства при выполнении программных мероприятий развития технической системы РХБ защиты войск. Научно-теоретической базой для ее достижения являются нормативные, организационные и методические положения, рассматривающие вопросы военно-экономического обеспечения обороны и РХБ безопасности страны. В исследованиях использованы диалектический, системный, аналитический и логический методы изучения социально-экономических явлений, а также методы научной абстракции, индукции и дедукции, нормативного и позитивного анализа и синтеза. В результате исследований разработан концептуальный подход к построению системы военно-экономического обоснования направлений развития вооружения и средств РХБ защиты, позволяющий ускорить внедрение передовых технологий РХБ защиты в новые образцы и комплексы ВВСТ.

Ключевые слова: военно-экономический эффект; военно-экономическое обоснование; концептуальный подход; передовые технологии; РХБ безопасность; средства РХБ защиты; целевая программа.

Библиографическое описание: Ерин А.Е., Дурнов А.С., Скобликов Г.В. Концептуальный подход к военно-экономическому обоснованию перспектив развития вооружения и средств радиационной, химической и биологической защиты // Вестник войск РХБ защиты 2017. Т. 1. № 4. С. 59–67.

В настоящее время объективно существует опасность, связанная с наращиванием технологического превосходства Сое-

диненных Штатов Америки в области РХБ защиты личного состава войск, следствием которого может стать преимущество зару-

бежных армий при применении новых видов оружия массового поражения (ОМП)¹. В качестве важного инструмента для достижения паритета со странами НАТО в области защиты от ОМП рассматривается система военно-экономического обоснования направлений технического совершенствования РХБ защиты войск. Ее разработка направлена на повышение эффективности принимаемых решений в ходе планирования и развития системы вооружения, осуществляемого посредством государственной программы вооружения. При этом важнейшим условием эффективного использования ограниченных государственных ресурсов, направляемых на создание и внедрение перспективного вооружения, является повышение реализуемости программных мероприятий. Выполнение данного условия требует учета факторов, рассматривающих складывающиеся экономические отношения между заказчиком и производителем военной продукции, состояние технологической и производственной базы, бюджетных возможностей государства, и оказывающих влияние на развитие системы вооружения и средств РХБ защиты. Для принятия оптимальных решений при формировании проекта государственной программы вооружения необходимо проведение военно-экономического анализа различных вариантов ее выполнения. Осуществление такого анализа возможно при наличии современного инструментария, что требует разработки концептуальных подходов к совершенствованию прикладной методологии, определяющей способы эффективного функционирования системы управления планированием и реализацией программных мероприятий.

Современная теория и методология формирования программно-плановых документов в интересах развития системы вооружения раскрыта в работах отечественных ученых и практиков, в которых заложены теоретические положения военно-экономического анализа и методологические основы программно-целевого планирования развития вооружения. При этом авторами исследований затрагивались различные стороны и аспекты проблем национальной безопасности, формирования новой парадигмы системных военно-экономических исследований, методического обеспечения организационно-экономического планирования мероприятий по соз-

данию продукции военного назначения, повышения эффективности использования государственных ресурсов в процессе военного строительства, совершенствования системы ценообразования на оборонную продукцию. Однако применяемая методология и практика военно-экономических исследований ориентированы на классическое вооружение, относящееся к наступательным и оборонительным системам, предназначенным для ведения вооруженной борьбы в неядерной войне или вооруженном конфликте [1], и недостаточно универсальны в случае обоснования развития вооружения и средств РХБ защиты, так как не учитывают военно-экономические последствия воздействия на личный состав ВС РФ и население страны химического и биологического оружия, а также поражающих факторов ядерного оружия. Исходя из этого, в интересах развития системы РХБ защиты войск и повышения национальной безопасности государства в целом, необходимо осуществлять совершенствование методологии формирования программ и планов развития ВВСТ с учетом особенностей и значимости системы вооружения и средств РХБ защиты.

Цель исследования – выработка концептуального подхода к формированию теоретико-методологических основ военно-экономического обоснования эффективных вариантов выполнения программных мероприятий по совершенствованию вооружения и средств РХБ защиты.

Для проведения исследования нами использовались аналитические материалы о состоянии военно-экономического обеспечения обороны и безопасности Российской Федерации устанавливалась диалектическая зависимость военно-экономического потенциала от численности населения и объемов потребляемых ресурсов в военный период времени. С применением логических выводов определялась экономическое содержание процесса развития системы РХБ защиты и влияние его результатов на экономические возможности государства для ведения войны. В рамках системного подхода также определена роль и значимость образцов вооружения и средств РХБ защиты в обеспечении защиты войск от оружия массового поражения. С применением методов научной абстракции, индукции и дедукции, нормативного и позитивного анализа и синтеза рассмотрены информационные данные о результатах выполнения программ и пла-

¹ В Соединенных Штатах Америки более 50 % объемов финансирования программы по защите от химического и биологического оружия армии выделяется на разработку и внедрение новых технологий.

нов развития ВВСТ, сделаны теоретические выводы о проблемах обоснования мероприятий государственной программы вооружения с применением существующего методического аппарата и сформирован новый концептуальный подход к военно-экономическому обоснованию перспектив развития вооружения и средств РХБ защиты на период до 2030 г. и дальнейшую перспективу.

ОМП является особым видом оружия, способным значительно снизить военный и экономический потенциал страны и нанести ей «неприемлемый ущерб» [2]. Недопущение его применения осуществляется различными силами и средствами. Приоритет в данной области принадлежит силам ядерного сдерживания и системам противовоздушной и противоракетной обороны [3]. Уровень решения задачи РХБ защиты войск, в случае невозможности предотвратить применение ядерного, химического и биологического оружия, может определить исход ведущейся войны, так как ОМП в основном направлено на нанесение невосполнимых потерь в людских ресурсах. Их сохранение в условиях ведения войны является важнейшей задачей, требующей для своего решения разработки направлений развития системы РХБ защиты. Стратегической целью совершенствования РХБ защиты является достижение такого уровня защиты людей от поражающих факторов ОМП, которое обеспечивает максимальное снижение последствий от его применения, и как следствие нецелесообразность применения данного вида оружия. Достижение этой цели возможно посредством планирования и проведения научных исследований военного, технического и экономического характера, согласно основному замыслу концептуального построения системы исследований в интересах развития РХБ защиты войск, представленному на рисунке 1.

Система РХБ защиты рассматривается как совокупность трех взаимодействующих элементов: под «силами» в данном случае понимаются организационные (воинские) формирования, выполняющие мероприятия РХБ защиты войск и населения; «средства» представляют собой образцы вооружения и средств РХБ защиты, применение которых определяет качество решаемой задачи; «технологии» включают способы и принципы функционирования как образцов, так и воинских формирований. Достижение сбалансированности этих трех элементов внутри рассматриваемой системы обеспечит решение сформулированной стратегической задачи, для этого необходимо проанализи-

ровать состояние существующей системы РХБ защиты и определить направления ее совершенствования с целью их дальнейшей реализации в программно-плановых документах, формируемых с учетом складывающихся экономических условий в стране. Из рассмотренных выше элементов первоочередную роль при разработке стратегических направлений развития играют «средства» и «технологии», которые в свою очередь оказывают влияние на элемент «силы» в виде трудозатрат, необходимых для обеспечения функционирования системы РХБ защиты с учетом внедряемых в них технологий.

Решение вопросов обоснования ресурсного обеспечения направлений развития РХБ защиты необходимо связать со значениями эффектов военного и экономического характера, достигаемых в результате совершенствования вооружения и средств РХБ защиты. Для этого требуется разработка положений построения и функционирования системы военно-экономического обоснования развития таких элементов как «средства» и «технологии» на принципах ускорения инновационного развития рассматриваемой системы (рисунок 1) с учетом отличительных особенностей системы вооружения и средств РХБ защиты от других систем ВВСТ, к которым относятся [4]:

- разнородность ее состава и решаемых задач, что требует сопоставления военных и экономических эффектов от применения различных по назначению образцов и выработки единых подходов к обоснованию направлений развития системы;

- отсутствие альтернативных способов и средств решения задач, выполняемых подсистемой образцов по защите личного состава от факторов оружия массового поражения;

- исключительная значимость для страны сохранения численности населения и личного состава ВС РФ, что вызывает необходимость проведения всестороннего анализа и оценки экономических последствий от потерь военнослужащих.

Кроме того, к особенностям также можно отнести: интегрированность элементов системы в различные средства вооружения и обеспечения; зависимость степени решения задач РХБ защиты от способов действий боевых частей и подразделений; высокую специфичность направленности защиты, связанную с биологией человека. Все эти особенности легли в основу разработки концептуального подхода к военно-экономическому обоснованию перспектив развития вооружения и средств РХБ защиты, базиру-

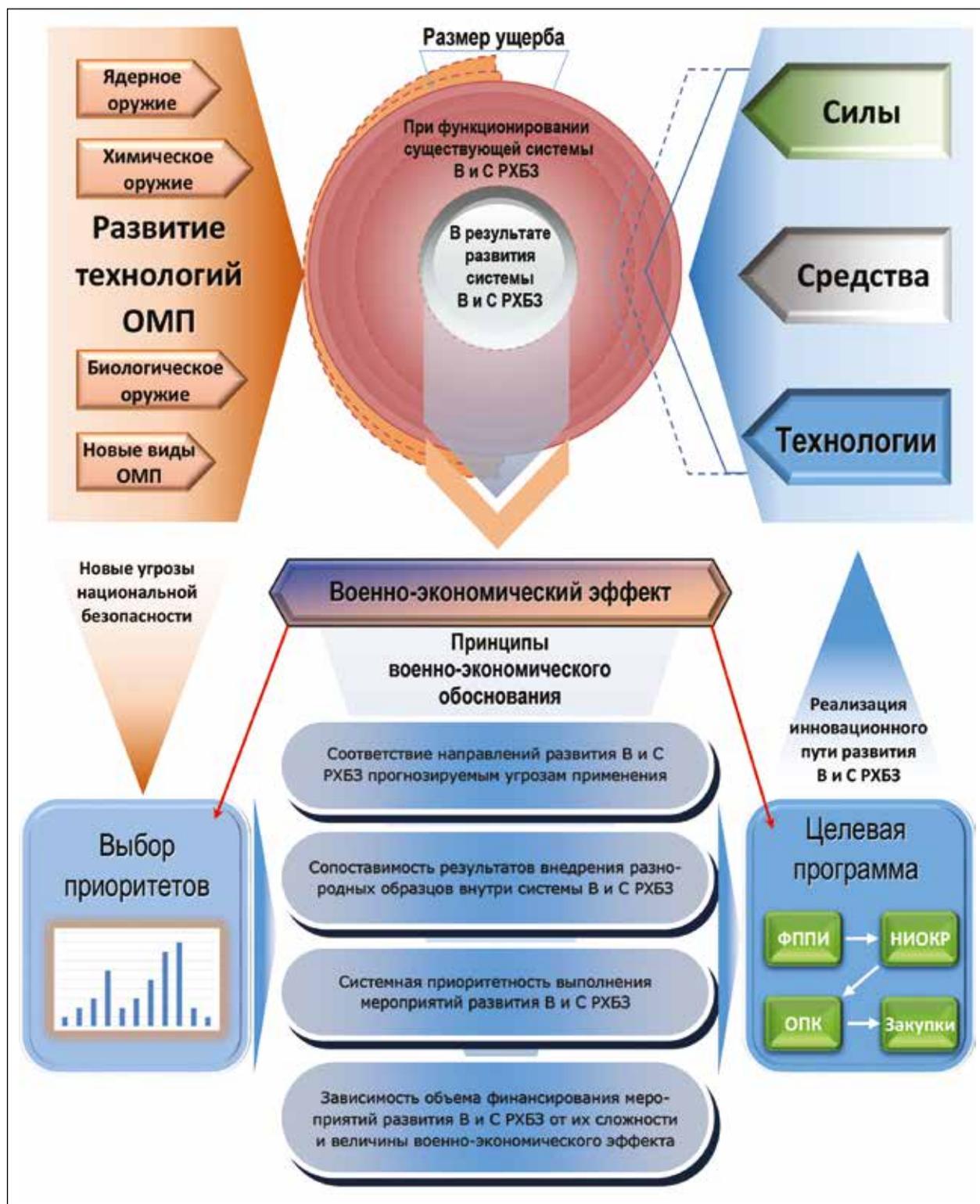


Рисунок 1 — Концептуальные элементы совершенствования РХБ защиты войск

ющегося на новых взглядах решения задачи по оценке экономической значимости защиты жизни человека в условиях воздействия на него смертельных факторов. Определение этой значимости непосредственно связано с вопросами оценки стоимости чело-

веческой жизни, которая применяется для проведения современной адекватной государственной политики в различных областях общественной сферы [5]. Определение стоимости жизни военнослужащих и, соответственно, экономического ущерба от его



Рисунок 2 — Порядок определения военно-экономического эффекта развития вооружения и средств РХБ защиты

смертности, основано на оценке накопленного объема знаний и навыков военнослужащими, а именно инвестиции, необходимые для формирования профессиональной армии [6]. В основе такого подхода лежит принцип сходства между процессами формирования физического капитала и формирования человеческого капитала. Исходя из этого, потеря боеспособности военнослужащих рассматривается как ущерб, имеющий экономическое содержание, и предотвращение которого образует эффекты от применения и развития, в частности, системы РХБ защиты войск.

На основе оценки предотвращенных потерь личного состава войск в результате развития вооружения и средств РХБ защиты разработан подход, позволяющий более широко внедрить в систему планирования военно-экономический анализ различных вариантов совершенствования РХБ защиты войск с целью выбора наиболее оптимального, а также определения целесообразных финансовых ресурсов на развитие образцов. Проведение анализа базируется на системе военно-экономических показателей, отражающих результаты функционирования и развития вооружения и средств РХБ защиты через величины достигаемых при этом эффектов. В качестве интегрального показателя развития системы вооружения и средств РХБ защиты и отдельных образцов используется военно-экономический эффект. Порядок его определения в обобщенном виде представлены на рисунке 2 [7].

Показатель военно-экономического эффекта, достигаемого в результате совершенствования системы вооружения и средств РХБ защиты, выступает в качестве основного параметра, используемого при военно-экономическом обосновании программных мероприятий [8]. Он рассчитывается, исходя из результатов применения перспективных образцов по своему назначению вместо существующих аналогов. Для оценки мероприятий развития вооружения и средств РХБ защиты применено новое определение военно-экономического эффекта [6]: военно-экономический эффект – результат военно-экономической деятельности по совершенствованию системы вооружения, измеряемый разностью между предотвращенным экономическим ущербом, получаемым в результате этой деятельности, и денежными расходами на ее осуществление.

Применение концептуального подхода к оценке военно-экономических результатов развития системы РХБ защиты позволяет решить задачу обоснования объемов финансирования наиболее ключевых технологических (инновационных) направлений совершенствования вооружения и средств РХБ защиты. В качестве наиболее эффективного инструмента реализации инновационного пути развития рассматриваются целевые программы, сформированные для создания приоритетных образцов. Концептуальная схема формирования целевых программ представлена на рисунке 3 [9].

Применение предлагаемого порядка военно-экономического обоснования целевых



Рисунок 3 — Схема военно-экономического обоснования целевых программ развития системы вооружения и средств РХБ защиты

программ развития системы вооружения и средств РХБ защиты, согласно рисунку 3, позволяет осуществлять выбор приоритетов развития рассматриваемой системы исходя из величин военно-экономических эффектов, приходящих на перспективные образцы, а также определять объемы финансирования программных мероприятий в рамках лимитов, обеспечивающих экономический успех (достижение положительного военно-экономического эффекта) целевых программ. Необходимость формирования и выполнения целевых программ обусловлена зависимостью военно-технического уровня системы вооружения и средств РХБ защиты от технологической готовности разработчиков и производителей к выпуску военной продукции надлежащего качества в необходимом объеме. Применение целевого финансирования будет способствовать реализации интеллектуального и творческого потенциалов отдельных ученых, а также развитию технологической базы научно-производственных организаций в

интересах приоритетных направлений совершенствования РХБ защиты.

Таким образом, в ходе проведенных исследований разработан концептуальный подход к построению и функционированию системы военно-экономического обоснования инновационного пути развития вооружения и средств РХБ защиты, предназначенного для реализации посредством финансирования целевых программ по созданию и внедрению приоритетных образцов. Применение разработанного подхода обеспечивает развитие элементов системы (подсистем, образцов) РХБ защиты на основе оценки экономических последствий от потери личного состава войск и величины ущерба, наносимого различными видами оружия массового поражения. Достигнутые результаты исследований обеспечивают проведение военно-экономического анализа в интересах выбора (принятия) наиболее эффективного решения при различных ресурсных и прочих ограничениях.

Информация о конфликте интересов

Авторы заявляют об отсутствии у них любых научных, коммерческих или других отношений с разработчиками данной техники, 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.

Список источников

1. Буренок В.М., Погребняк Р.Н., Скотников А.П. Методология обоснования перспектив развития средств вооруженной борьбы общего назначения. М.: Машиностроение, 2010.
2. Буренок В.М., Печатнов Ю.А. О критериальных основах ядерного сдерживания // Вооружение и экономика. 2013. № 1(22). С. 21–30.
3. Федотов И.А., Степшин М.П. Приоритетные направления совершенствования защиты войск (критически важных объектов), систем управления и отдельных вопросов всестороннего обеспечения, в случае возможной реализации американским командованием концепции «Мгновенного глобального удара» // Вестник академии военных наук. 2013. № 4 (45). С. 37–40.
4. Наставление по обеспечению военных действий ВС РФ (радиационная, химическая и биологическая защита). М.: МО РФ, 2004.
5. Шмаков Д.И. Оценка экономического ущерба в результате смертности населения от несчастных случаев, отравлений и травм / Сборник научных трудов Института народнохозяйственного прогнозирования РАН. М.: МАКС-Пресс. 2003. С. 377–385.
6. Носкова К.А. Оценка человеческого капитала i-го сотрудника организации / Актуальные вопросы экономических наук: материалы II междунар. науч. конф. (г. Уфа, апрель 2013 г.). Уфа: Лето, 2013. С. 4–8.
7. Ерин А.Е., Скобликов Г.В. Военно-экономическая оценка мероприятий развития вооружения и средств РХБ защиты. М., 2013. Деп. в ЦВНИ МО РФ 18.10.13, № А31786.
8. Викулов С.Ф. Экономика военного строительства: эволюция взглядов на проблемы, методы, решения. М.: Граница, 2013.
9. Вашурина Е.А., Ерин А.Е. Методические основы обеспечения реализуемости мероприятий развития вооружения и средств радиационной, химической и биологической защиты. М., 2010. Деп. в ЦВНИ МО РФ 17.11.15, № А32549.

Об авторах

Федеральное государственное бюджетное учреждение «33 Центральный научно-исследовательский испытательный институт» Министерства обороны Российской Федерации, 412918, Российская Федерация, г. Вольск-18 Саратовской обл., ул. Краснознаменная, д. 1.

Ерин Андрей Евгеньевич. Начальник научно-исследовательского испытательного управления, канд. техн. наук., доцент.

Дурнов Алексей Сергеевич. Начальник научно-исследовательского отдела, канд. техн. наук, доцент.

Скобликов Григорий Владимирович. Старший научный сотрудник научно-исследовательского отдела, канд. эконом. наук.

Адрес для переписки: Скобликов Григорий Владимирович; 27nc_1@mil.ru

Conceptual Approach to the Military Economy Justification of the NBC Protection Armament and Equipment Development Prospects

A.E. Erin, A.S. Durnov, G.V. Skoblikov

*Federal State Budgetary Institution «The 33 Central Research Test Institute»
of the Ministry of Defense of the Russian Federation, Krasnoznamennaya Street 1,
Volsk-18, Saratov region 412918, Russian Federation*

One of the important areas of research, held in the “33 Central Research Test Institute” of the Ministry of Defense of Russia, is the development of the scientific and theoretical basis for the substantiation of programs and plans for the development of the system of the radiation, chemical and biological protection together with the leading scientific research institutions of the Ministry of Defense of Russia of troops. The formation of program activities is carried out within the framework of the methodology of program planning with the use military economy justification of the development prospects of the armament system of radiation, chemical and biological protection. The conducted research are directed to the decision of the actual problem of qualitative transition to the advanced level of technological progress of samples arms and means of NBC protection equipment. Budgetary restrictions of financing of the state military expenditures necessitate the researches in the interests of improving the theoretical foundations and practical methods of decision-making support in the of ensuring of radiation, chemical and biological safety of the state. The aim of the research is to develop a conceptual approach to increasing the efficiency of the use of state financial resources in the implementation of program activities of the development of the technical system of the radiation, chemical and biological protection of forces. The scientific, theoretical basis for its achievement this aim is the normative, organizational and methodological proposition that deal with military and economic support of the country’s defense and radiation, chemical and biological protection of the state. In the studies the dialectical, systemic, analytical and logical methods of studying of the socio-economic phenomena, as well as methods of scientific abstraction, induction and deduction, normative and positive analysis and synthesis are used. As a result of the research, a conceptual approach to the to the construction of a military-economic system of the NBC protection armament and equipment development direction is developed. It allows accelerating the introduction of advanced technologies of radiation, chemical and biological protection into new models and system of the armament weapons and military special equipment.

Keywords: *conceptual approach; military economy justification; military economy effect; target program; goal-oriented program.*

For citation: *Erin A.E., Durnov A.S., Skoblikov G.V. Conceptual Approach to the Military Economy Justification of the NBC Protection Armament and Equipment Development Prospects // Journal of NBC Protection Corps. 2017. V. 1. № 4. P. 59–67.*

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.

References

1. Burenok V.M., Pogrebnyak R.N., Skotnikov A.P. Methodology for substantiating the prospects for the development of military means of general use. Moscow: Mechanical Engineering, 2010. (in Russian)
2. Burenok V.M., Pechatnov Yu.A. On the Critical Basis of Nuclear Deterrence // Armament and the Economy. 2013. P. 21–30. (in Russian)
3. Fedotov I.A., Stepshin M.P. Priority directions for improving the protection of troops (of critical facilities), command and control system and individual issues of comprehensive security, in the event of the possible implementation by the US command of the concept of «A Major Global Impact» // Bulletin of the Academy of Military Sciences. 2013. P. 37-40. (in Russian)
4. Instruction on ensuring military actions of the Armed Forces of the Russian Federation (radiation, chemical and biological protection). Moscow: Ministry of Defence of the Russian Federation, 2004. (in Russian)
5. Shmakov D.I. Assessment of economic damage resulting from deaths from accidents, poisoning and injuries. / Collection of proceedings of the Institute for Economic Forecasting of the Russian Academy of Sciences. Moscow: Maks-Press, 2003.P.377-385. (in Russian)
6. Noskova K.A. Assessment of the human capital of the i-st employee of the organization/ Actual issues of economic sciences: Materials of the Second International Scientific Conference. Ufa: Leto, 2013. P. 4-8. (in Russian)
7. Erin A.E., Skoblikov G.V. Military-economic assessment of the development of weapons and means of radiation, chemical and biological protection. Monograf. Moscow, 2013.
8. Vikulov S.F. The economics of military construction: the evolution of views on problems, methods, solutions; Moscow: Granitsa, 2013. (in Russian)
9. Vashurina E.A., Erin A.E. Methodical bases of maintenance of action of development of arms and means of radiation, chemical and biological protection. Monograf. Moscow, 2010. (in Russian)

Authors

Federal state Budgetary Institution «The 33 Central Research Test Institute» of the Ministry of Defense of the Russian Federation, Krasnoznamennaya Street 1, Volsk-18, Saratov region 412918, Russian Federation.

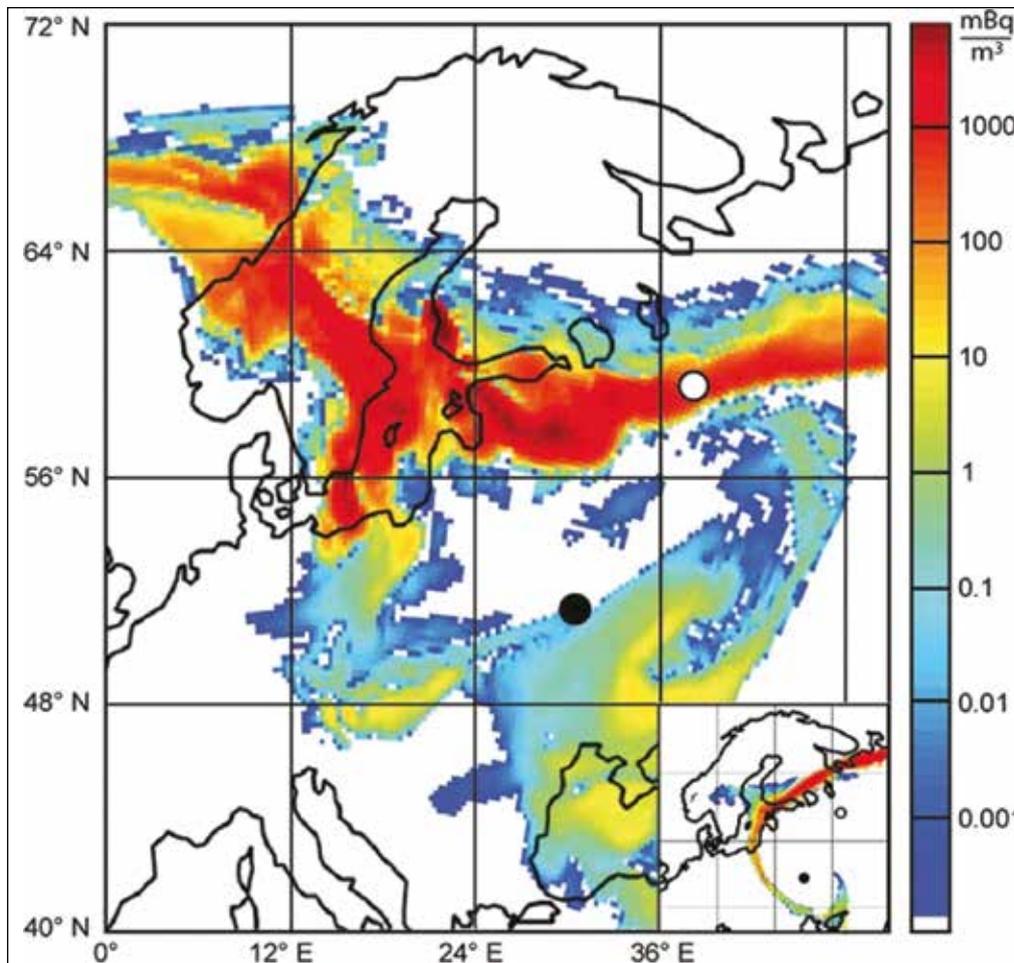
Erin A.E., Chief of the Authority, Candidate of Technical Sciences.

Durnov A.S., Chief of the Department, Candidate of Technical Sciences.

Skoblikov G.V., Senior Researcher, Candidate of Economic Sciences.

Adress: Skoblikov Grigorii Vladimirovich; 27nc_1@mil.ru

ГРУППА УЧЕНЫХ ШВЕДСКОГО МЕТЕОРОЛОГИЧЕСКОГО И ГИДРОЛОГИЧЕСКОГО ИНСТИТУТА ПРЕДСТАВИЛА НОВУЮ ТЕОРИЮ АВАРИИ НА ЧЕРНОБЫЛЬСКОЙ АЭС



недавнего ядерного взрыва. Продукты взрыва, которые оказались на северо-западе по направлению к Скандинавии, содержали равновесные изотопы ксенона из ядра реактора.

Проанализировав погодные условия того времени, характерные для исследуемого региона, авторы установили, что свежие изотопы ксенона в Череповце оказались продуктом ядерного взрыва, который направил их на гораздо большие высоты, чем продукты из реактора, которые направились к Скандинавии.

Согласно новой теории, первый из двух взрывов, о которых сообщают очевидцы, был не паровым, а ядерным. По мнению авторов, во время первого взрыва струя обломков взлетела на очень большую высоту из-за серии ядерных взрывов в реакторе. Через три секунды после этого последовал паровой взрыв, который разрушил реактор,

а последующие обломки улетели на меньшие высоты.

К таким выводам ученые пришли после анализа изотопов ксенона, обнаруженных учеными в Череповце через четыре дня после аварии. Эти изотопы оказались продуктом недавнего ядерного распада. Это означало, что они могли появиться в результате

Публикация: Lars-Erik De Geer, Christer Persson... A Nuclear Jet at Chernobyl Around 21:23:45 UTC on April 25, 1986. Nuclear Technology, Pages 1-12, Published online: 16 Nov 201

Информационный портал Индикатор
<https://indikator.ru/news/2017/11/18/nachalochernobylskoj-katastrofy/>

ЖИТЕЛИ КИЕВСКОЙ ОБЛАСТИ ПЫТАЛИСЬ ВЫНЕСТИ ИЗ ЧЕРНОБЫЛЬСКОЙ ЗОНЫ 30 КГ РАДИОАКТИВНЫХ ГРИБОВ

Возле отселенного села Котовское в зоне отчуждения Чернобыльской АЭС сотрудники полиции обнаружили двух нарушителей, которые пытались вынести за пределы зоны большое количество грибов.

Нарушители заявили, что проникли на закрытую территорию

«с целью сбора грибов для собственного потребления».

У граждан обнаружены и изъяты лесные грибы общим весом 31,5 кг. При проведении дозиметрического контроля установлено, что уровень содержания радиоактивных элемен-

тов в грибах превышает допустимую норму в 30 раз.

Сайт МВД Украины
<https://kv.npu.gov.ua/uk/publish/article/481030>

США ЗАЯВИЛИ О СКОРОМ ПОЯВЛЕНИИ У СЕВЕРНОЙ КОРЕИ РАКЕТЫ С ЯДЕРНОЙ БОЕГОЛОВКОЙ

Северная Корея построит межконтинентальную баллистическую ракету с ядерной боеголовкой, способную нанести удар по США «в ближайшее время». Такое мнение выразил председатель объединенного комитета начальников штабов генерал Джозеф Данфорд. По его мнению, КНДР в настоящее время представляет собой самую большую, самую неоплодную угрозу для Соединенных Штатов.

Информационное агентство Лента
<https://lenta.ru/news/2017/09/26/northkoreamissile/>

МАГАТЭ СООБЩИЛО О ВОЗМОЖНОМ ОБОГАЩЕНИИ РАДИОАКТИВНЫХ МАТЕРИАЛОВ В КНДР НА РЕАКТОРЕ В ЙОНБЕНЕ



Эксперты Международного агентства по атомной энергетике (МАГАТЭ) зафиксировали активность в ядерном научно-исследовательском центре в Йонбене, которая указывает на возможные попытки обогащения радиоактивных материалов.

Гендиректор МАГАТЭ призвал северокорейские власти «в полной мере выполнить свои обязательства по всем соответствующим резолюциям Совета Безопасности ООН и МАГАТЭ, оперативно сотрудничать с агентством и решить все нерешенные вопросы, в том числе те, которые возникли в отсутствие инспекторов агентства в стране». По его словам, МАГАТЭ полностью готово вернуться в КНДР для проверки ее ядерной программы, для чего в департаменте гарантий была сформирована специальная группа.

Информационный портал Гисметео
 Информационное агентство ТАСС
<http://tass.ru/mezhdunarodnaya-panorama/4552481>

НА МЕСТЕ ЯДЕРНЫХ ИСПЫТАНИЙ В СЕВЕРНОЙ КОРЕЕ ОБНАРУЖЕНЫ ОПОЛЗНИ



Аналитики, изучавшие спутниковые снимки Северной Кореи после ядерных испытаний, обнаружили множество оползней и масштабные разрушения поверхностных пород в районе горы Мантапсан. Глубоко внутри этого горного пика на полигоне Пхунгери находятся туннели для проведения ядерных взрывов.

По всей горной местности и за ее пределами зафиксированы разрушения и многочисленные оползни. Отмечено, что признаки поверхностного кратера, который мог сформироваться при обруше-

нии подземной полости в результате действия взрыва не обнаружены.

По данным группы китайских ученых, гора Мантапсан, используемая Северной Кореей для проведения подземных ядерных испытаний, может разрушиться, что в результате приведет к формированию обширной зоны радиационного загрязнения поверхности.

Информационный портал Гисметео
<https://www.gismeteo.ru/news/sobytiya/24930-na-meste-yadernyh-isyataniy-v-kndr-obnaruzheny-opolzni/>

НА ЧЕРНОБЫЛЬСКОЙ АЭС НЕ ХВАТАЕТ МЕСТА ДЛЯ ЗАХОРОНЕНИЯ ПЕРЕРАБОТАННЫХ РАДИОАКТИВНЫХ ОТХОДОВ



Сейчас в Чернобыльской зоне накоплено около 20 тысяч кубометров жидких радиоактивных отходов. Они находятся в емкостях двух существующих хранилищ.

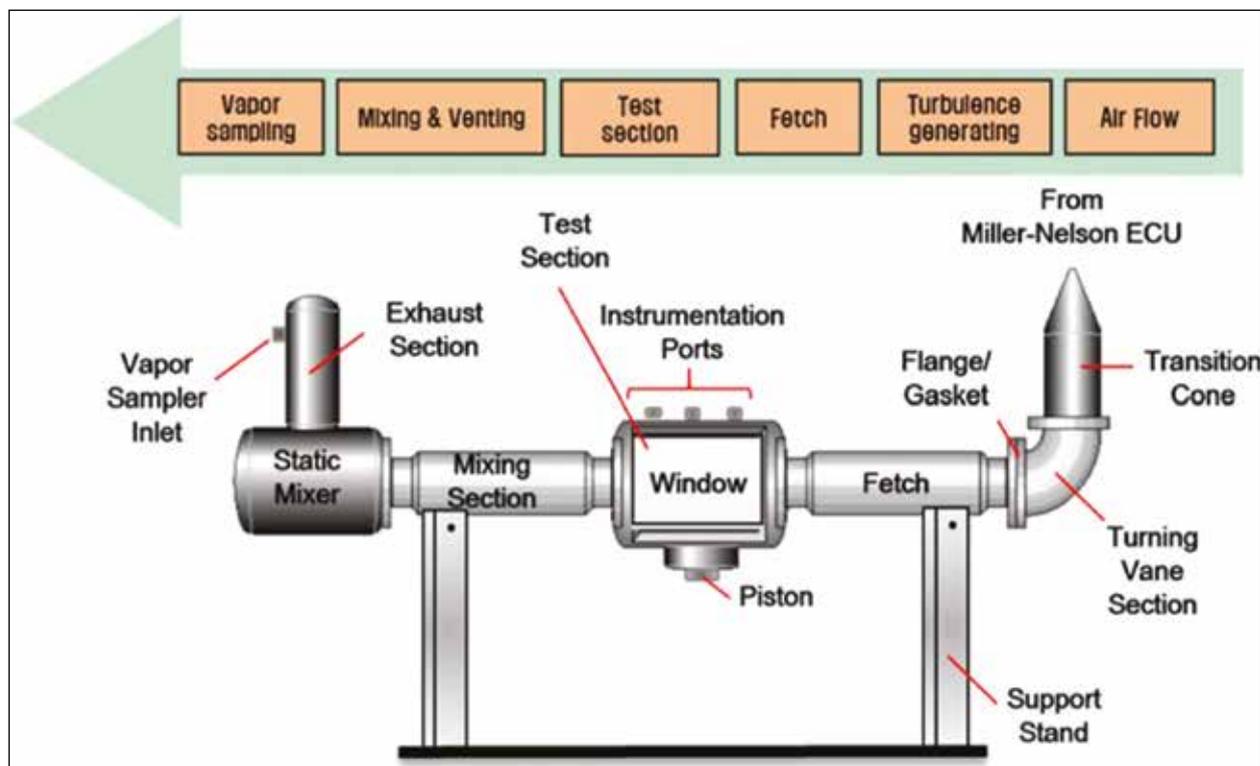
По предварительным расчетам специалистов станции, на их переработку на заводе по переработке жидких радиоактивных отходов потребуется порядка 29 лет.

Ряд экспертов отмечает, что ко-

личество упаковок радиоактивных отходов, подлежащих захоронению, после переработки превысит 300 тысяч, при этом комплекс «Вектор» рассчитан лишь на захоронение 70 тыс. упаковок.

Пресс-служба агентства Украины по управлению зоной отчуждения
<https://www.facebook.com/dazv.gov.ua>

СПЕЦИАЛИСТЫ КОРЕЙСКОГО АГЕНТСТВА ВОЕННЫХ РАЗРАБОТОК ИССЛЕДОВАЛИ ПРОЦЕССЫ ИСПАРЕНИЯ И РАЗЛОЖЕНИЯ ВЕЩЕСТВА ТИПА VX-ЭКС НА РАЗЛИЧНЫХ ГОРОДСКИХ И ПРОМЫШЛЕННЫХ ПОВЕРХНОСТЯХ



Концентрационные профили паров отравляющего вещества были получены с использованием лабораторной аэродинамической трубы и термодесорбера в сочетании с газовой хроматографией.

В результате исследования было установлено, что пары VX в городских условиях при нормальных условиях составляют менее 20 % от применяемой массы. При этом скорость испарения составляет 0,12 мкг/мин для песка, 0,08 мкг/мин для почвы, 0,16 мкг/мин для бетона. С поверхности стекла VX испаряется в 5–10 раз

быстрее.

При повышенной температуре 35 °С скорость испарения заметно повышается: 0,44 мкг/мин для песка, 0,12 мкг/мин для почвы и 0,67 мкг/мин для бетона.

Также установлены периоды полуразложения VX в этих матрицах при нормальных условиях: 6 сут для песка, 8 сут для почвы и 3 сут для бетона. Продукты деградации были следующими: этилметилфосфоновая кислота, этилметилфосфонитовая кислота, метилфосфоновая кислота, 2-(диизопропиламино) этантиол и

бис(2-диизопропиламиноэтил) сульфид.

Отмечается, что полученные данные будут использоваться для создания базы данных при оценке риска воздействия на население отравляющих веществ.

Публикация: Jung Hyunsook and Choi Seungki VX Evaporation and Degradation from Urban Land Surfaces. Environmental Engineering Science. November 2017

Информационный портал <http://online.liebertpub.com/doi/abs/10.1089/ees.2017.0342>

РАЗГЕРМЕТИЗАЦИЯ НЕФТЯНОЙ СКВАЖИНЫ В ОРЕНБУРГСКОЙ ОБЛАСТИ



Инцидент случился на скважине № 1105-2, расположенной в 32 км к

югу от Оренбурга. Разгерметизация сопровождалась выбросом в атмосферу сероводорода.

Спустя пять часов после разгерметизации авария была ликвидирована. После инцидента в больницы стали поступать с отравлениями местные жители. С признаками интоксикации в медицинские учреждения поступили 19 детей. В приемном покое городской

клинической больницы № 6 Оренбурга подтвердили факт отравления людей сероводородом.

Информационное агентство ФАН <https://riafan.ru/976085-razgermetizaciya-neftyanoi-skvazhiny-proizoshla-v-orenburgskoi-oblasti>

СПЕЦИАЛИСТЫ РОСПОТРЕБНАДЗОРА ВЫЯВИЛИ В САНКТ- ПЕТЕРБУРГЕ ЕЩЕ ОДНУ ПАРТИЮ ЯИЧНОГО ПОРОШКА ИЗ ФРАНЦИИ, ЗАГРЯЗНЕННОГО ФИПРОНИЛОМ

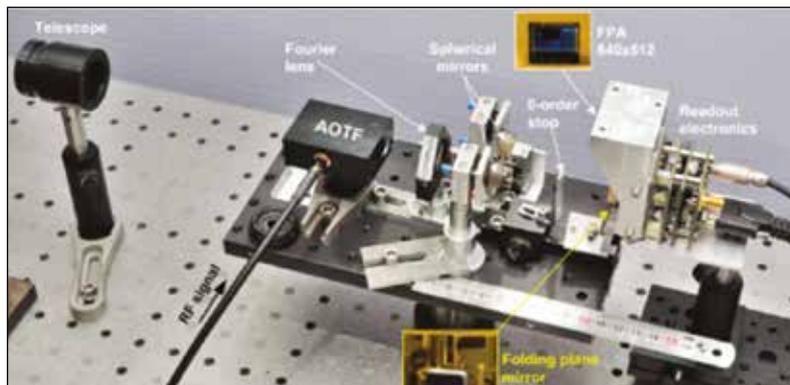
При проведении надзорных мероприятий Управлением Роспотребнадзора по Санкт-Петербургу обнаружена партия яичного порошка производства Франции, в котором при проведении лабораторных исследований установлено превышение содержания производных фипронила.

Продукция задекларирована с нарушениями действующего законодательства. Протоколы испытаний, выданные коммерческой лабораторией, оформлены с нарушениями.

На сегодняшний день Роспотребнадзором арестованы партии указанной продукции общим весом 7 тонн. Продукция будет утилизирована. Возбуждена процедура отзыва декларации о соответствии.

Информационное агентство РИА-новости
<https://ria.ru/incidents/20170922/1505290501.html>

УЧЕНЫЕ МГУ ИЗОБРЕЛИ КОМПАКТНЫЙ АНАЛИЗАТОР ГРУНТА



Сотрудники физического факультета МГУ имени М.В. Ломоносова разработали компактный спектрополяриметр, позволяющий исследовать каменные породы на поверхности космических тел.

В ходе работы ученые спроектировали спектрополяриметр, работающий в ближнем инфракрасном диапазоне. На основе расчетов группа создала лабораторный прототип и протестировала его на гипсе и каолините. Эти минералы лучше прочих имитируют поверхность Луны и Марса. Авторы исследования ожидают, что в будущем спектрополяриметры такого типа будут использовать как инструмент разведки на планетоходах. В отличие от ныне используемых анало-

гов, новый прибор более компактный и легкий. Такого результата удалось добиться с помощью новой оптической схемы, в которой одновременно снимаются два изображения в двух перпендикулярных плоскостях поляризации.

Публикация: Denis A. Belyaev, Konstantin B. Yushkov... Compact acousto-optic imaging spectro-polarimeter for mineralogical investigations in the near infrared. Optics Express Vol. 25, Issue 21, pp. 25980-25991 (2017)

Информационный портал Научная Россия
<https://scientificrussia.ru/news/uchenye-mgu-izobreli-kompaktnyj-analizator-grunta-dlya-marsohodov>

США НАЧАЛИ УНИЧТОЖЕНИЕ ОСТАВЛЕННОГО В ПАНАМЕ ХИМУРУЖИЯ

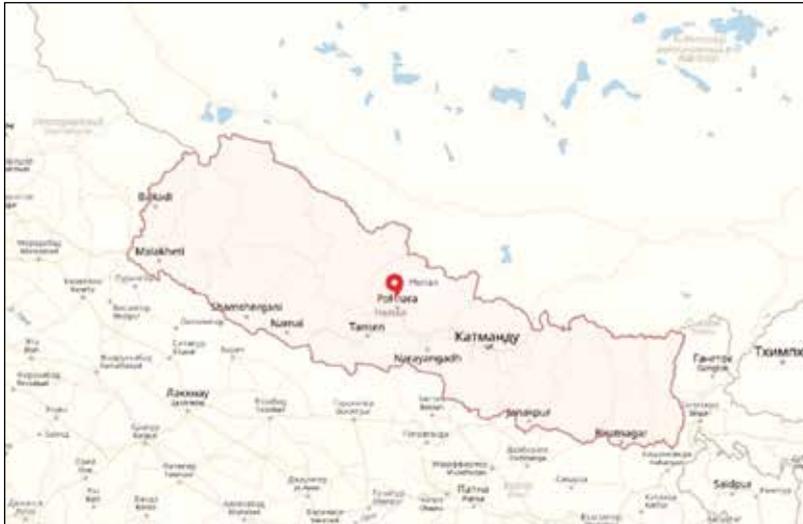
США начали процесс уничтожения своего химического оружия, оставленного в зоне Панамского канала после передачи контроля над каналом панамской стороне 31 декабря 1999 г.

Речь идет о запасах иприта, фосгена и других отравляющих веществ, которые остались на острове в районе Панамского канала еще со времен Второй мировой войны и войны США во Вьетнаме. Операция проводится в тесном взаимодействии между американскими специалистами и взрывотехниками национальной полиции Панамы.

Информационное агентство РИА-новости
<https://ria.ru/world/20170929/1505809901.html>



О СИТУАЦИИ ПО ЛИХОРАДКЕ ЧИКУНГУНЬЯ В НЕПАЛЕ



По информации Управления эпидемиологии и контроля за заболеваниями Министерства здравоохранения Непала в двух регионах страны зарегистрированы пять случаев заболевания лихорадкой чикунгунья, три из которых закончились летальным исходом. Послед-

ние случаи гибели от данного заболевания регистрировались в Непале в 2013 году.

Официальный сайт Роспотребнадзора
http://www.rospotrebnadzor.ru/about/info/news/news_details.php?ELEMENT_ID=9260

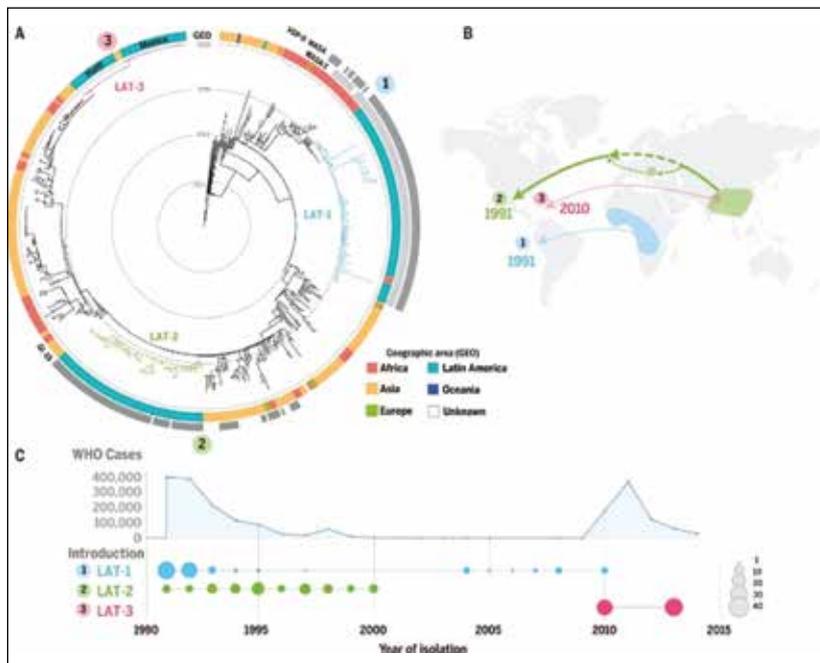
БИОЛОГИ ИНСТИТУТА СКРИПСА ВПЕРВЫЕ СОЗДАЛИ ПОЛУСИНТЕТИЧЕСКИЙ МИКРООРГАНИЗМ

В течение нескольких лет команда ученых разрабатывает стабильный живой организм с новыми азотистыми основаниями, добавив к аденину, цитозину, тимину и гуанину в ДНК бактерии кишечной палочки два искусственных – X и Y. Им удалось стабилизировать эту полусинтетическую бактерию и заставить ее расти и делиться, передавая эти X и Y новым поколениям.

В будущем технология может позволить ученым строить совершенно новые молекулы, которые будут выполнять в организме человека заданные функции.

Newatlas <https://newatlas.com/artificial-life-dna-unnatural-protein/52409/>

МЕЖДУНАРОДНАЯ ГРУППА ИССЛЕДОВАТЕЛЕЙ ОПРЕДЕЛИЛА РОДИНУ НАИБОЛЕЕ ВИРУЛЕНТНЫХ ШТАММОВ ХОЛЕРЫ



Ученые провели генетический анализ нескольких сотен бактериальных изолятов, собранных во время эпидемий холеры за последние полве-

ка в Азии, Африке и Америке.

Результаты сравнительного анализа показали, что две последние большие вспышки холеры в Латин-

ской Америке и на Гаити были вызваны азиатскими штаммами холеры 7PET. В Африке генетический анализ штаммов, вызывавших крупные вспышки холеры, также показал их азиатское происхождение. Всего азиатские холерные вибрионы, по словам ученых, 11 раз за последние полвека проникали в Африку и вызвали там массовые заболевания. Причем многие возбудители изначально уже были устойчивы к антибиотикам.

Также отмечается, что и местные возбудители холеры имеют свой болезнетворный потенциал, хотя он и значительно слабее, чем у азиатских штаммов.

Публикация: Daryl Domman, Marie-Laure Quilici... Integrated view of *Vibrio cholerae* in the Americas. Science 10 Nov 2017; Vol. 358, Issue 6364, pp. 789-793

Информационный портал Чердак
<https://chrdrk.ru/news/genetiki-nashli-rodinu-epidemii-kholery>

ГРУППА АМЕРИКАНСКИХ И АВСТРАЛИЙСКИХ УЧЕНЫХ РАЗРАБОТАЛА СИСТЕМУ ДИФФЕРЕНЦИАЦИИ ИСКУССТВЕННЫХ И ПРИРОДНЫХ ВСПЫШЕК ИНФЕКЦИОННЫХ ЗАБОЛЕВАНИЙ

Исследователями проведен анализ информации об обнаружении неестественных инфекционных заболеваний за период с 1927 по 2016 гг. Всего было рассмотрено 1753 документа из баз данных MEDLINE, EMBASE и Web of Science.

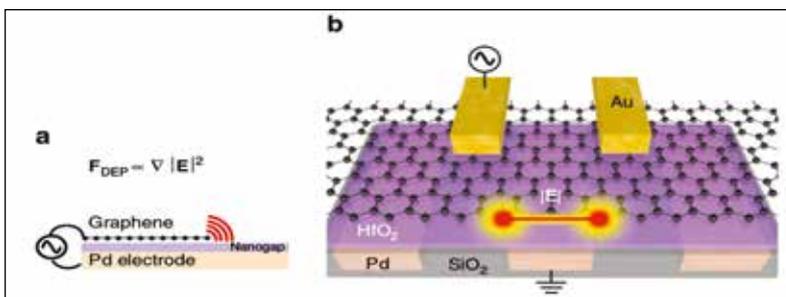
В результате анализа были определены пять методов оценки для обнаружения искусственных вспышек: инструмент эпидемиологической оценки Грунова-Финке, использование потенциальных эпидемиологических подсказок, метод оценки риска биотерроризма и две его модификации. Также исследователями были предложены различные критерии: информация о биологических агентах, пространственном распределении и др. Отмечается, что метод Грунова-Финке остается наиболее широко используемым, но имеет низкую чувствительность для правильной идентификации искусственных эпидемий. Другие методы были успешны только для определенных сценариев.

Для повышения эффективности разработанной системы были предложены направления ее совершенствования, позволяющие повысить чувствительность, специфичность, оперативность обнаружения и расширить охват сценариев биологических атак.

Публикация: Xin Chen, Abrar Ahmad Chughta, C. Raina MacIntyre A Systematic Review of Risk Analysis Tools for Differentiating Unnatural From Natural Epidemics. AMSUS.

Военно-медицинский журнал армии США
<http://militarymedicine.amsus.org/doi/abs/10.7205/MILMED-D-17-00090>

ИССЛЕДОВАТЕЛИ МИННЕСОТСКОГО УНИВЕРСИТЕТА СОЗДАЛИ УСТРОЙСТВА, ИСПОЛЬЗУЮЩИЕ ГРАФЕН ДЛЯ ЗАХВАТЫВАТА БИОМОЛЕКУЛ И НАНОЧАСТИЦ



Наноразмерный «пинцет» захватывает частицы и молекулы, используя явление диэлектрофореза – движения нейтральных частиц в жидкости под воздействием электрического поля. В прежних вариантах подобных «пинцетов» электродами выступали металлические детали. Новшество заключается в использовании двумерного графена.

Во время тестов исследователи захватывали из жидкости наноразмерные алмазы и определенные биомолекулы. За счет изменения параметров «пинцета» и частоты тока можно настроить устройство на захват конкретных частиц. Причем в отличие от прежних лабораторных

«пинцетов», устройство не требует высоких напряжений, во время тестов на чип подавалось напряжение менее 1 В.

В дальнейшем подобные устройства могут послужить основой для создания встроенных в смартфоны сенсоров, реагирующих на небольшое содержание определенных веществ в окружающей среде или в биоматериалах.

Публикация: Avijit Barik, Yao Zhang... Graphene-edge dielectrophoretic tweezers for trapping of biomolecules. Nature Communications 8, Article number: 1867 (2017) Published online: 30 November 2017

Информационный портал Реактор
<https://reactor.space/news/sozdali-grafenovyj-pincet-zaxvata-biomolekul/>

О ВСПЫШКЕ ЛЕГИОНЕЛЛЕЗА В Г. АНАХАЙМ ШТАТА КАЛИФОРНИЯ (США)

Органы здравоохранения штата Калифорния (США) 10 ноября текущего года подтвердили информацию о 12 случаях легионеллеза, зарегистрированных в г. Анахайм. Из числа заболевших 9 человек посещали парк развлечений «Диснейленд» и останавливались в отеле Оранж Конти (Orange County). Остальные трое –

местные жители. 10 пострадавших были госпитализированы, один из них скончался. Возраст заболевших колеблется в пределах от 52 до 94 лет.

Официальный сайт Роспотребнадзора
http://www.rospotrebnadzor.ru/about/info/news/news_details.php?ELEMENT_ID=9212

Материалы подготовили:
Шабельников М.П.,
Ткачук Ю.В.,
Кулажин О.А.,
Сипаков А.С.,
Павлов Р.А.,
Шило Н.И.,
Блинов С.В.

СОЮЗ ВЕТЕРАНОВ ВОЙСК, СПЕЦИАЛИСТОВ И ОРГАНИЗАЦИЙ В СФЕРЕ РАДИАЦИОННОЙ, ХИМИЧЕСКОЙ И БИОЛОГИЧЕСКОЙ ЗАЩИТЫ

Союз ветеранов войск, специалистов и организаций в сфере радиационной, химической и биологической защиты сформирован в 2015 г. Уникальность и историчность события проявилась в том, что впервые за 96 лет истории существования войск РХБЗ появилась организация, способная объединить ветеранов химической службы и войск РХБ защиты всех силовых структур: Минобороны, МВД, ФСБ и Пограничных войск, МЧС, МВД и Внутренних войск, и др., чьи основные регионы проживания ветеранов-химиков: Москва и Московская область, Кострома и Костромская область, Саратов и Саратовская область, Тамбов и Тамбовская область, Кинешма, Шиханы и др. В основном там, где дислоцируются воинские части и учреждения войск РХБЗ. Создание такой общественной организации было по достоинству оценено тогдашним начальником войск РХБЗ ВС РФ генерал-лейтенантом Эдуардом Анатольевичем Черкасовым и его предшественником — генерал-майором Евгением Геннадьевичем Старковым, которые одни из первых написали личные заявления о вступлении в новосозданную организацию ветеранов.

Одна из основных причин почему это было невозможно сделать раньше, заключается в том,



что учреждения образования (военные училища войск РХБ защиты и Военная академия радиационной, химической и биологической защиты им. маршала Советского Союза С.К. Тимошенко) не подчинялись начальнику войск РХБЗ МО РФ (в период «сердюковщины»). Кроме того, отсутствовала должная инициатива самих ветеранов войск РХБ защиты.

После смены руководства Министерства обороны Российской Федерации в конце 2012 г. для создания такой

общественной организации сформировались благоприятные условия. С одной стороны, приказом нового Министра обороны России генерала армии, героя Российской Федерации, Сергея Кужугетовича Шойгу, все военные ВУЗы вновь подчиняются соответствующим начальникам Министерства обороны (главкомам и командующим). С другой стороны, очень своевременно появилась наша инициатива – создание единой организации ветеранов РХБ защиты. Поэтому решение создать единую организацию всех ветеранов РХБЗ, независимо от места их службы и работы, логично легло на исторически подготовленную почву. Долгожданное желание ветеранов РХБ защиты многих поколений – событие свершилось. Теперь и у них появилась возможность влиться в единую



На общем собрании Союза ветеранов 2016 г.



Открытие Собрания Союза ветеранов

ветеранскую семью и сообща защищать свои интересы и на службе, и на пенсии.

Не случайно, нашим основным помощником, советником, наставником в создании организации ветеранов офицеров-химиков стал Председатель Президиума Совета Общероссийской организации ветеранов ВДВ России – легенда десантных войск – генерал-майор Владимир Ананьевич Данильченко. Мы с глубокой благодарностью будем помнить, что именно десантниками первыми помогли нам – ветеранам в недавнем прошлом преодолеть многочисленные бюрократические препоны при организации и проведении траурных мероприятий по увековечению памяти первого начальника Костромского военно-химического училища генерал-майора Евгения Яковлевича Лебедева.

По первому нашему обращению к командованию и ветеранской организации офицеры-десантники воинских частей ВДВ, дислоцированных в Костроме, в парадной форме прибыли на открытие памятника Е.Я. Лебедеву, оказали все воинские почести уважаемому человеку. Активную помощь нам оказали: Союз десантников Костромы, бывший десантник – губернатор Костромской области Игорь Николаевич Слюняев, командующий ВДВ генерал-полковник Владимир Анатольевич Шаманов, десантники депутаты Государственной думы РФ: генерал-полковник Валерий Александрович Востротин, генерал-лейтенант Сергей Михайлович Кудинов и, безусловно, Председатель Президиума Совета десантников России генерал-майор Владимир Ананьевич Данильченко.

Большую роль в создании ветеранской организации сыграло Некоммерческое партнерство «Организация ветеранов-выпускников Костромского высшего военного командного училища химической защиты и Военной Краснознаменной

академии химической защиты им. Маршала Советского Союза С.К. Тимошенко «Офицеры-химики» (НП «ОВ «ОфХим»). Учредителями НП «ОВ «ОфХим» стали выпускники 1979 г.: Александр Викторович Бабарыкин, Николай Викторович Бородин, Александр Ардольевич Груздев, Александр Сергеевич Захаров, Иван Иванович Селеменов и Сергей Валентинович Шапошников. Безусловно, душой и вдохновителем этого коллектива единомышленников стал выпускник 1979 г. – десантник-огнеметчик полковник Леонид Вадимович Селезнев, ветеран боевых действий, кавалер двух боевых орденов, талантливый бизнесмен и руководитель, настоящий меценат,



*Мемориальная доска
генерал-майору Е.Я. Лебедеву*

принимающий активное участие во многих патриотических благотворительных акциях, пожертвовавший личные средства на оплату всех мероприятий празднования 96-й годовщины войск РХБЗ и презентации НП «ОВ «ОфХим».

Их цель – не только создать единую Всероссийскую организацию ветеранов военных химиков, но и совместно с организациями ветеранов академии, всех воинских частей и учреждений возродить и вернуть в Военную академию радиационной, химической и биологической защиты им. маршала Советского Союза С.К. Тимошенко, войска и гарнизоны все лучшие традиции войск РХБ защиты.

Большой вклад в победу нашей инициативы внесли исполняющий обязанности начальника академии полковник Алексей Николаевич Бакин, заместитель начальника академии по работе с личным составом полковник Олег Вадимович Балтыков, создатель и хранитель Военно-исторического музея училища и академии полковник (в отставке) Петр Петрович Шаховал и особенно Наум Борисович Вайнштейн полковник фронтовик, один из наших самых любимых преподавателей, друг и соратник генерала Е.Я. Лебедева, руководство органов государственной власти Костромской области и органов местного самоуправления города Костромы и Русской Православной Церкви, в лице настоятеля Храма Военной академии радиационной, химической и биологической защиты им. маршала Советского Союза С.К. Тимошенко, помощника начальника Академии по работе с верующими военнослужащими Отца Олега и духовника Свято-Боголюбского монастыря Русской Православной Церкви, офицера артиллериста, фронтовика Отца Петра.

Почетными членами нашего Союза стали заслуженные ветераны войск РХБЗ:

Мясников Владимир Владимирович, Герой Советского Союза генерал-полковник, фронтовик – легенда всех офицеров-химиков;

Вайнштейн Наум Борисович, ветеран боевых действий, орденосец, гвардеец, любимый преподаватель училища, полковник;

Логачев Виктор Архипович, заслуженный воспитатель ветеранов первого и последующих выпусков офицеров-костромичей, полковник;



*Герой Советского Союза
В.К. Пикалов*

Селезнев Леонид Вадимович, орденосец, ветеран боевых действий, основной организатор коллектива учредителей Союза, взявший на себя все основные материальные затраты по созданию, презентации и становлению Союза.

Основными направлениями работы Союза в настоящее время являются:

работа по розыску живых родственников без вести пропавших воинов в рамках бессрочной Вахты памяти по без вести пропавшим воинам России во всех войнах и военных конфликтах XX и XXI веков;

военно-историческая работа по выявлению неизвестных или забытых подвигов защитников Родины Великой Отечественной войне подразделений и частей хими-

ческих войск;

написание и издание военно-мемуарной литературы о выдающихся военачальниках войск РХБЗ и исторических фактах героических подвигов воинов войск РХБЗ в ходе Великой Отечественной войны и ликвидации последствий Чернобыльской катастрофы и других чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера в мирное время;

взаимодействие с Русской Православной Церковью в работе по обеспечению Вооруженных Сил духовной литературой и воспитанию подрастающего поколения учащихся кадетских корпусов и участников юнармейского движения в духе патриотизма и готовности к защите Родины;

работа по оказанию помощи Начальнику войск РХБЗ в организации и проведении основных памятных дат войск, конкурсов спортивных дисциплин и строевых мероприятий, укреплению воинской дисциплины и боевой выучки на примерах и опыте ветеранов войск;

работа по организации своевременного размещения в госпиталях ветеранов, нуждающихся в неотложной стационарной медицинской помощи, и посещения их во время лечения;

работа по обеспечению ветеранов льготными путевками для санаторно-курортного лечения в санаториях Подмосковья и Крыма;

работа и по организации социальной защиты членов Союза, длительное время проживавшим на Семипалатинском полигоне в районах повышенного радиационного риска.

Союз ветеранов войск РХБЗ ВС РФ в 2017 г. стал инициатором проведения в России бессрочной Вахты памяти по без вести пропав-

шим воинам России. Эту инициативу поддержали еще 17 общественных организаций видов и родов войск ВС РФ.

С целью подготовки к бессрочной Вахте памяти по без вести пропавшим воинам России во всех войнах и военных конфликтах XX и XXI веков, как комплекса мероприятий по учету, увековечению памяти и защите прав родственников была организована работа на местах по сбору основных данных по каждому без вести пропавшему воину в каждой семье ветеранов и закреплению за родственниками без вести пропавших воинов ответственных от организаций ветеранов с целью оказания им адресной помощи.

23 декабря 2017 г. на Ново-Архангельском кладбище г. Москвы состоялось первое в рамках акции «Бессрочная Вахта памяти по без вести пропавшим воинам России» захоронение с воинскими почестями праха взятого с места вероятной гибели участника Великой Отечественной войны майора Захара Власовича Сухорада, командира Первого стрелкового батальона 1199-го стрелкового полка 364-й стрелковой дивизии, найденного бойцами поискового отряда во главе с майором запаса Евгением Вячеславовичем Курдюмовым.

Активной работой в архивах полковника в отставке Владимира Николаевича Малеева и полковника запаса Александра Петровича Каширина во взаимодействии с организациями ветеранов, поисковыми отрядами органами местного самоуправления на местах такие факты обретают форму новых акций военно-патриотического воспитания молодежи.

Например, в 2017 г. были возвращена войскам РХБ защиты и народу память о забытых подвигах ноября–декабря 1941 г.: отдельного взвода противохимической защиты и 26 роты тяжелых фугасных огнеметов 18 и 32 стрелковых дивизий народного ополчения, командиры и бойцы которых, ценой своих жизней остановили танковые колонны врага, рвавшихся к Москве, в Истринском и Ногинском районах Подмосковья накануне советского контрнаступления под Москвой.

Члены союза ведут активную публицистическую деятельность. Ее основным организатором является активный член Союза, человек с огромным талантом писателя мемуариста и публициста полковник Владимир Николаевич Малеев – стар-



**Герой Советского Союза
В.В. Мясников**

ший научный сотрудник 27 НЦ МО РФ и руководитель военно-исторической секции Союза. Им лично написаны книги и очерки о генерал-полковнике Герое Советского Союза В.В. Мясникове, генерал-полковнике Герое Советского Союза В.К. Пикалове, генерал-майоре Е.Я. Лебедеве. На столе писателя в работе книги, статьи, очерки, сборники воспоминаний и другая военно-мемуарной литература о многих других героях войск в целях воспитания нового поколения офицеров и воинов в духе продолжения лучших боевых традиций войск РХБЗ и беззаветной преданности Родине.

Серьезный фундаментальный научный труд: книгу «Из истории военно-химических учебных учреждений России» подготовил и издал за

счет личных средств директор филиала Союза по городу Саратову и Саратовской области полковник Степан Алексеевич Лашин.

Десять монографий и руководств по тематике оценки эффективности и качества изолирующих и фильтрующих средств защиты органов дыхания написал, издал на базе института ВНИИ ГОЧС и передал к руководству в МЧС России и в войска РХБЗ доктор технических наук, профессор генерал-лейтенант в отставке Василий Васильевич Батырев – председатель Правления Союза ветеранов войск РХБЗ.

К 50-летию Костромского военного командного училища химической защиты Союзом разработана и изготовлена и вручается членам Союза юбилейная медаль (полковник запаса А.П. Каширин), такая же акция будет проведена и к 100-летию войск РХБЗ.

Вдохновителем нашей работы со стороны РПЦ является фронтовик, активный участник Великой Отечественной Войны, ученый-геолог духовник Свято-Боголюбского женского монастыря, старейшего в России, архимандрит отец Петр (Петр Петрович Кучер). Под его руководством и во взаимодействии с нашим Союзом и Советом ветеранов ВДВ России в Вооруженные Силы за два последних года передано безвозмездно более 30 тонн духовной литературы.

Монастырь регулярно безвозмездно принимает, обеспечивает питанием и проживанием, а также проводит военно-исторические экскурсии на территории самого монастыря под руководством и с участием Архимандрита Петра учащихся кадетских классов и корпусов Московской и



90 лет Архимандриту Петру

Владимирской области в ходе экскурсий по военно-историческим местам на территории Владимирской области.

Большую работу по оказанию помощи начальнику войск РХБ защиты в организации и проведении мероприятий основных памятных дат войск, конкурсов спортивных и строевых мероприятий, укреплению воинской дисциплины и боевой выучки на примерах и опыте ветеранов войск оказывает почетный член Союза полковник Игорь Владимирович Сальник – выпускник Костромского химического училища.

Союзом организована также и успешно ведется работа по распространению передового опыта методом издания методических рекомендаций под редакцией Начальника войск по вопросам организации взаимодействия филиалов и представительств Союза ветеранов войск РХБЗ в войсках с другими общественными организациями воинских частей РХБЗ. Основными исполнителями и организаторами этой работы являются Заместитель начальника войск по работе с личным составом полковник Олег Вадимович Болтыков, начальник 27 НЦ МО РФ полковник Виктор Александрович Ковтун, его заместитель по работе с личным составом подполковник Александр Михайлович Смирнов.

При их активном участии изданы и переданы как руководство к действию в войска методические рекомендации по организации и проведению единого дня выпускника и распространению передового опыта; кодексу чести воина войск РХБЗ, по взаимодействию представительств и филиалов Союза с другими общественными организациями воинских учреждений, организациями и частей войск РХБЗ. Таких как советов

ветеранов, ветеранов боевых действий, ветеранов чернобыльцев и семипалатинцев, офицерских собраний и судов чести, женских советов, организационных комитетов по проведению культурно-досуговых мероприятий и др.

У Союза ветеранов войск РХБЗ имеется свой интернет-сайт «Ветераны РХБЗ» на котором постоянно освещается повседневная деятельность нашей организации и предполагается размещать журнал «Вестник войск РХБ защиты» в полнотекстовом варианте.

А для нас ветеранами РХБЗ являются все офицеры и служащие, кто имеет выслугу 20 и более лет, и не важно, где они находятся – на службе, в запасе или в отставке. Более того, членом Союза может стать любой военнослужащий, служащий или гражданское лицо, поддерживающее благородные уставные задачи Союза. Поэтому в наших рядах много офицеров, находящихся на действительной военной службе, и в этом, принципиальное отличие нашего Союза, от других ветеранских организаций. Вступительные и членские взносы – это в том числе скромный посильный вклад в помощь своим боевым товарищам, потерявшим здоровье в строю.

Мы благодарны всем ветеранам, поддержавшим наше благородное начинание, и в первую очередь, тем, кто одними из первых вступили в Союз и подали пример для вступления всем ветеранам.

Призываем в наши ряды всех, для кого гордость за принадлежность к братству ветеранов войск радиационной, химической и биологической защиты не пустой звук, кого призывает совесть и личное достоинство в это братство, на защиту общих интересов ветеранов войск РХБ защиты России.

Дирекция Союза ветеранов войск РХБЗ

СТАРКОВ ЕВГЕНИЙ ГЕННАДЬЕВИЧ (к 60-летию со дня рождения)

26 ноября 2017 г. исполнилось 60 лет генерал-майору Евгению Геннадьевичу Старкову – начальнику войск радиационной, химической и биологической защиты Вооруженных Сил Российской Федерации в период 2008–2012 гг., Заслуженному военному специалисту Российской Федерации, кандидату экономических наук.

Е.Г. Старков родился в 1957 г. в Костроме. На военной службе с 1975 г. В 1979 г. окончил Костромское высшее военное училище химической защиты. Военную академию химической защиты окончил в 1991 г., курсы повышения квалификации при Военной академии Генерального Штаба Вооруженных Сил Российской Федерации – в 2004 г. Военную службу проходил на различных должностях – от командира взвода до начальника войск РХБ защиты армии в Московском военном округе, Группе советских войск в Германии, Закавказском и Дальневосточном военных округах. С 1996 г. – в Управлении начальника войск РХБ защиты Вооруженных Сил Российской Федерации в должностях старшего офицера, начальника группы, заместителя начальника и начальника оперативного отдела – заместителя начальника штаба Управления. С 2006 по 2008 г. начальник штаба – первый заместитель начальника войск РХБ защиты Вооруженных Сил Российской Федерации.

За годы службы в войсках РХБ защиты Евгений Геннадьевич Старков внес большой личный вклад в поддержание высокой боеспособности войск, в подготовку руководящих и научно-педагогических кадров, в решение вопросов обеспечения войск РХБ защиты современными образцами вооружения и военной техники. Под его руководством и при непосредственном участии разработан и во многом реализован перспективный план развития войск РХБ защиты, проведен ряд основополагающих мероприятий по реформированию и сохранению войск РХБ защиты, повышению их готовности к выполнению задач по предназначению, сохранению высококвалифицированных офицерских кадров в период реформирования Вооруженных Сил Российской Федерации.

Указом Президента Российской Федерации от 9 июня 2008 г. № 915 полковник Евгений Геннадье-



вич Старков назначен начальником войск радиационной, химической и биологической защиты Вооруженных Сил Российской Федерации.

Под его руководством решались проблемы совершенствования подготовки войск к выполнению задач по защите войск и населения от оружия массового поражения, повышения боевых возможностей и боевой готовности наших войск, создания и сохранения их оптимальной структуры, модернизации существующих и создания перспективных образцов вооружения и средств РХБ защиты. Совершенствовались способы боевого применения войск при выполнении задач стратегического и региональ-

ного сдерживания, оптимизации форм и методов работы командиров и штабов.

Е.Г. Старков, имея высокую профессиональную и оперативную подготовку, в тяжелых условиях реформирования Вооруженных Сил Российской Федерации осуществлял успешное руководство деятельностью Управления начальника войск РХБ защиты ВС РФ и войсками РХБ защиты ВС РФ, добиваясь положительных результатов в решении текущих и перспективных проблемных задач.

Особое внимание Евгений Геннадьевич уделял развитию инфраструктуры военных городков в местах их постоянной дислокации в целях обеспечения современных комфортных условий для военной службы и проживания военнослужащих, в том числе и членов их семей.

После окончания действительной военной службы Евгений Геннадьевич продолжает принимать активное участие в жизни войск РХБ защиты, их строительстве и развитии.

Являясь Президентом Союза ветеранов войск РХБ защиты, проводит большую работу по объединению ветеранов для плодотворной общественной деятельности, по обобщению их интеллектуального научного и практического опыта для повышения боевого потенциала войск РХБ защиты, сохранения и развития традиций армии.

Плодотворная деятельность по служению Отчизне генерал-майора Евгения Геннадьевича Старкова отмечена многими государственными и ведомственными наградами.

ГЛАДКИХ ВАДИМ ДМИТРИЕВИЧ (к 60-летию со дня рождения)

18 декабря 2017 г. исполнилось 60 лет со дня рождения члена редакционного совета журнала «Вестник войск РХБ защиты», доктора медицинских наук, профессора Вадима Дмитриевича Гладких.

После окончания Военно-медицинского факультета при Горьковском медицинском институте В.Д. Гладких с 1980 по 1989 гг. проходил службу в войсках на различных должностях полкового, дивизионного, армейского и окружного звеньев медицинской службы.

В 1989 г. поступил в адъюнктуру Военной академии химической защиты имени Маршала Советского Союза С.К. Тимошенко при кафедре «Отравляющие вещества иностранных армий и токсикология», после окончания которой в течение более двадцати лет занимался научной и педагогической деятельностью в Военном университете радиационной, химической и биологической защиты и ФГБУ «27 Научный центр» Министерства обороны Российской Федерации. После увольнения в запас, с 2011 г. – заместитель директора Научно-производственного центра «Фармзащита» Федерального медико-биологического агентства России.

Кандидатскую диссертацию В.Д. Гладких защитил в 1992 г., докторскую – в 1999 г. В 2006 г. ему присвоено ученое звание профессора.

В научных исследованиях В.Д. Гладких получили развитие актуальные направления токсикологии и медицинской экологии, связанные с исследованием особенностей патогенеза, закономерностей проявления и с прогнозированием токсических эффектов физиологически активных веществ нейротропного действия, а также с разработкой на этой основе фармакологических средств медицинской защиты.

В 2006 г. за разработку комплектов медицинских средств защиты и биологического контроля В.Д. Гладких присуждена премия МЧС России.

На протяжении многих лет профессор В.Д. Гладких сочетал научную деятельность с педагогической, передавая свой опыт на кафедрах Первого московского государственного медицинского университета им. И.М. Сеченова и Государственного института усовершенствования врачей МО РФ.

Под его руководством подготовлены и защищены одна докторская и шесть кандидатских диссертаций по медицинским, биологическим и химическим наукам.



В.Д. Гладких является автором и соавтором более 350 научных работ, в том числе: 11 авторских свидетельств и патентов РФ на изобретение; 9 монографий, в частности «Токсикология блокаторов ГАМК-зависимых хлоридных каналов нейрональных мембран» (2007 г.), «Экологическая педиатрия» (2011 г.), «Концептуальные подходы к развитию системы антидотного обеспечения Российской Федерации» (2013 г.), «Состояние и перспективы развития средств профилактики и лечения радиационных поражений» (2017 г.), «Антиконвульсанты в токсикологической практике» (2017 г.); 2 практических руководства – «Антидотная терапия отравлений высокотоксичными веществами в условиях чрезвычайных ситуаций» (2014 г.), «Практическое руководство по использованию медицинских средств противорадиационной защиты при чрезвычайных ситуациях и обеспечении ими аварийных медико-санитарных формирований и региональных аварийных центров» (2015 г.); более 20 учебно-методических материалов, в том числе учебников для вузов «Токсикология и медицинская защита» (2016 г.), «Медицина чрезвычайных ситуаций» (2017 г.), «Основы медико-экологической безопасности» (2011 г.), Справочника терминов и определений по противохимической и биологической защите населения (2016 г.). Постоянно принимает участие в организации и работе научных конференций.

В.Д. Гладких является членом проблемных комиссий («Радиационная медицина и санитарно-гигиенические проблемы радиационной безопасности», «Медико-санитарные проблемы при работе с высокотоксичными химическими веществами», «Медико-санитарные проблемы при работе с компонентами ракетных топлив») Научно-технического Совета ФМБА России, межведомственных комиссий по вопросам химической и биологической безопасности РФ, секции медико-биологических проблем обороны при экспертном совете комитета Государственной Думы РФ, двух специализированных диссертационных и экспертных Советов ВАК РФ, а также аудитором-экологом «Экологического Международного Аудиторского сообщества». Входит в состав редакционного совета журнала «Вестник войск РХБ защиты».

Поздравляем Вадима Дмитриевича с юбилеем, желаем ему крепкого здоровья и дальнейших творческих успехов.

ПАМЯТИ ВЛАДИМИРА ИВАНОВИЧА МЯГКИХ

14 ноября 2017 г. в возрасте 62 лет после тяжелой болезни ушел из жизни полковник запаса Владимир Иванович Мягких.

Владимир Иванович родился 1 июня 1955 г. в г. Шилка Читинской области (в настоящее время – Забайкальский край).

После окончания средней школы в г. Могоча Читинской области и заочной школы-интерната при Новосибирском государственном университете, благодаря отличным знаниям и по результатам участия во Всесоюзной олимпиаде по химии, где он занял призовое место, Владимир Иванович поступил в Новосибирский государственный университет.

По окончании факультета естественных наук Новосибирского государственного университета в августе 1977 г., Владимир Иванович был принят на должность младшего научного сотрудника в Научно-исследовательский институт бактериальных вакцинных препаратов Министерства обороны СССР (г. Свердловск), в настоящее время – филиал ФГБУ «48 Центральный научно-исследовательский институт» Министерства обороны РФ (г. Екатеринбург).

В феврале 1982 г. Владимир Иванович Мягких был призван в ряды Вооруженных Сил СССР. Службу проходил на должностях младшего научного сотрудника, старшего научного сотрудника, заместителя начальника отдела, начальника отдела, начальника научно-исследовательского управления и главного специалиста в/ч 47051.

Научная деятельность Владимира Ивановича была связана с исследованиями в области разработки основ биологической защиты войск и населения страны от возбудителей опасных и особо опасных инфекционных заболеваний. Он был автором ряда изобретений, защищенных авторскими свидетельствами СССР, а также биотехнологических разработок, используемых при создании и производстве медицинских защитных препаратов, принимал активное участие в обосновании, продвижении и реализации новых направлений развития вооружения и военной техники в рамках Государственной программы вооружения и федеральных целевых программ.

Владимир Иванович Мягких внес большой



вклад в разработку методологических основ исследований биodeградации отравляющих веществ и продуктов их разложения в ходе реализации программы уничтожения химического оружия. При его непосредственном участии была научно обоснована принципиальная возможность использования микроорганизмов для ликвидации загрязнений, образующихся в процессе уничтожения запасов отравляющих веществ. Под его руководством разработана уникальная система аналитической лабораторной и полевой экспериментальной оценки эффективности процессов биodeградации отравляющих веществ и продуктов их разложения с использова-

нием микробных препаратов.

Одновременно с работами по биodeградации отравляющих веществ и стойких ксенобиотиков Владимиром Ивановичем и его соратниками были проведены уникальные для своего времени исследования по изучению механизмов биоповреждения вооружения и военной техники, проведены работы по стандартизации биологических воздействий и разработке стандартизованных методов оценки их биостойкости.

Благодаря энтузиазму и увлеченности Владимира Ивановича Мягких лабораторно-экспериментальная база филиала ФГБУ «48 Центральный научно-исследовательский институт» Министерства обороны РФ (г. Екатеринбург) пополнилась современными аналитическими приборами и оборудованием ведущих мировых производителей.

В 1988 г. Владимир Иванович защитил диссертацию на соискание ученой степени кандидата биологических наук, в 1989 г. ему было присвоено ученое звание старшего научного сотрудника. В 1997 г. защитил диссертацию на соискание ученой степени доктора биологических наук.

На протяжении своей научной деятельности Владимир Иванович выполнил более 120 научных работ и подготовил 6 кандидатов наук.

Был награжден орденом «За военные заслуги» и другими государственными и ведомственными наградами.

После завершения службы в Вооруженных Силах Владимир Иванович работал в научно-исследовательских организациях г. Екатеринбург

и г. Москвы, занимался преподавательской деятельностью.

Владимира Ивановича отличала исключительная требовательность к себе, огромная работоспособность и удивительная настойчивость в достижении научных результатов. Он обладал высочайшей эрудицией в различных областях знаний. Очень любил самостоятельно трудиться за лабораторным столом. С редким умением и очень аккуратно разрабатывал методологию аналитического изучения

микробиологических процессов, самостоятельно вводил в строй новые приборы и аналитические комплексы.

Свободно владел тремя иностранными языками, имел диплом переводчика-синхрониста с английского и французского языков. Великолепно знал и любил стихи А. Вознесенского, Е. Евтушенко, М. Цветаевой, П. Верлена, Р. Киплинга, А. Теннисона, У. Шекспира.

Строки из стихотворений великих викторианских английских поэтов Р. Киплинга и А. Теннисона были девизом и вели по жизни Владимира Ивановича Мягких.

*Умей принудить сердце, нервы, тело
Тебе служить, когда в твоей груди
Уже давно все пусто, все сгорело
И только Воля говорит: «Иди!»
Останься прост, беседуя с царями,
Останься честен, говоря с толпой;
Будь прям и тверд с врагами и друзьями,
Пусть все, в свой час, считаются с тобой;
Наполни смыслом каждое мгновенье,
Часов и дней неумолимый бег, -
Тогда весь мир ты примешь во владенье,
Тогда ты снова будешь Человек!*

Редьярд Киплинг, «Заповедь»

*Уходит многое, но многое пребудет;
Хоть нет у нас той силы, что играла
В былые дни и небом и землю,
Собой остались мы; сердца героев
Изношены годами и судьбой,
Но воля непреклонно нас зовет
Бороться и искать, найти и не сдаваться.*

Альфред Лорд Теннисон, «Улисс»

ПАМЯТИ НИКОЛАЯ ТИМОФЕЕВИЧА ВОЛКОВА

Николай Тимофеевич Волков родился 8 декабря 1951 г. в Могилеве Белорусской ССР. В 1959 г. поступил в Могилевскую среднюю школу № 26.

В 1969 г., после окончания школы, Н.Т. Волков поступил в Саратовское высшее военно-химическое командное училище. Уже во время учебы на первом курсе Н.Т. Волков был отмечен, как один из лучших курсантов, и назначен командиром курсантского отделения. В апреле 1970 г. Н.Т. Волков, будучи младшим сержантом, был награжден медалью «За воинскую доблесть в ознаменование 100-летия со дня рождения В.И. Ленина». Позже сержант Н.Т. Волков был назначен старшиной курсантской роты. На третьем и четвертом курсах старшина Н.Т. Волков был Ленинским стипендиатом.

Особенности характера старшины Н.Т. Волкова, его увлеченность военной службой, приверженность к качественному выполнению учебных заданий, приказов и распоряжений командования курсантской роты, глубокое усвоение учебных знаний, строевая и физическая подтянутость выделили его на одно из ведущих мест на курсе.

Четыре года успешной учебы сформировали из обычного паренька, мало чем отличавшегося от сверстников, достойного офицера, имеющего собственную, выверенную с точки зрения советской государственно-патриотической идеологии, зрелую жизненную позицию и прочные военно-технические навыки.

В 1973 г. Н.Т. Волков закончил учебу и ему, лейтенанту химических войск, предложили возглавить в училище курсантский взвод. В феврале 1976 г. он был назначен командиром роты обеспечения учебного процесса батальона обеспечения учебного процесса училища. Через полгода, 12 августа 1976 г., ему было присвоено очередное воинское звание – старший лейтенант. В сентябре 1977 г. командование училища, заметив выдающиеся способности молодого офицера, возбудило ходатайство о назначении Н.Т. Волкова начальником курса инженерного факультета училища.

Назначение старшего лейтенанта на «подполковничью» должность было проявлением «высшего пилотажа» в службе офицеров химических



войск, тогда как в линейных войсках назначение старшего лейтенанта на «майорскую» должность было пределом всех служебных устремлений офицеров. Но Н.Т. Волков понимал, что настоящие знания можно получить только в Военной академии химической защиты, в которую надо было поступить и учиться по плану вуза под руководством опытных ученых. Стремление офицера получить высшее военное образование оказалось понятным для руководства училища и было поддержано им.

1 сентября 1979 г. для получения высшего военного образования старший лейтенант Н.Т. Волков поступил на командный факультет

Военной академии химической защиты имени Маршала Советского Союза С.К. Тимошенко. 26 сентября 1979 г. ему было присвоено очередное воинское звание – капитан. В июне 1983 г. Н.Т. Волков закончил академию с отличием и золотой медалью, будучи уже в звании майора.

После окончания академии майор Н.Т. Волков получил назначение на должность начальника химической службы 12 гвардейской танковой дивизии Группы советских войск в Германии (ГСВГ). В его подчинении находились отдельный батальон химической защиты дивизии, четыре полковых роты химической защиты, расчетно-аналитическая группа дивизии и склад военно-химического имущества. В круг служебных обязанностей начальника химической службы дивизии входили и такие вопросы, как участие в работе комиссий офицеров управления дивизии, работавших в полках, отдельных батальонах и ротах. Много времени уходило также на участие в тактических учениях, командно-штабных учениях и тренировках. Он справился.

Менее чем через год, в апреле 1984 г., Н.Т. Волков был назначен на должность командира 349 отдельного батальона засечки и разведки армии в составе ГСВГ. В то время засечка ядерных взрывов и радиационная, химическая и биологическая разведка были новым направлением деятельности химических войск. На должности в части засечки и разведки назначали молодых, хорошо образованных и перспективных офицеров. Отбор находился под контролем у Начальника



Лейтенант Волков Н.Т. на занятиях с курсантским взводом по строевой подготовке. Строевые приемы и движение с оружием. Саратовское ВВХКУ. 1975 г.



Вручение Патриархом Московским и всея Руси Алексием II иконы Святого Николая Костромскому Высшему военному командному училищу

химических войск МО СССР генерал-полковника В.К. Пикалова. Майор Н.Т. Волков успешно справился с возложенными на него задачами и остался в «обойме золотых патронов» Начальника химических войск.

В апреле 1986 г. в СССР произошла катастрофа на Чернобыльской атомной электростанции и все химические части во главе с генерал-полковником В.К. Пикаловым приняли участие в ликвидации ее последствий.

В сентябре 1986 г. в поселке городского типа Шиханы Саратовской области по решению начальника Генерального Штаба ВС СССР началось формирование 3 мобильного полка ликвидации последствий аварий. Полк предназначался, по опыту ликвидации последствий Чернобыльской катастрофы в первоначальный период, для ликвидации последствий катастроф на радиационно, химически и биологически опасных предприятиях промышленности. Н.Т. Волков был назначен на должность командира этого полка 2 декабря 1986 г., будучи уже в звании подполковника. Работать в таких сложных и непредсказуемых условиях Н.Т. Волкову еще не приходилось. Неустроенность личного состава, неукрытость химической и инженерной специальной техники со сложным оборудованием, требующим особых условий хранения, отсутствие полноценного пищеблока и складских помещений требовали срочного принятия мер. Предстояла большая и непростая работа, которая требовала продуманности, ответственности и дальновидности. Боевая подготовка полка, учитывая выводы из ликвидации последствий Чернобыльской катастрофы, проводилась в очень жестких, приближенных к реальным условиям и требовала незаурядных качеств характера от его командира.

20 июля 1989 г. подполковнику Н.Т. Волкову было досрочно присвоено звание – полковник. В очень трудный период для ВС СССР и хими-

ческих войск 2 августа 1989 г. он был назначен на должность начальника Костромского высшего военного командного училища химической защиты (КВВКУХЗ). Благодаря Н.Т. Волкову во главе руководства училища встал коллектив энергичных, инициативных офицеров-единомышленников, которые, как показала жизнь, успешно решали вопросы учебно-воспитательного процесса. Одновременно он руководил работой Ученого совета училища. 24 октября 1991 г. указом Президиума Верховного Совета СССР № 2780 и приказом Министра обороны СССР № 485 Н.Т. Волкову присвоено воинское звание – генерал-майор.

Стиль работы командования училища под руководством генерала Н.Т. Волкова, когда в центре внимания находился человек с его деловыми и моральными качествами, с его бытовыми заботами получил негласное одобрение всего личного состава училища, а должностные лица снискали уважение и авторитет большей части офицеров, прапорщиков, сержантов, курсантов, солдат, рабочих и служащих.

Это отметил Министр обороны Российской Федерации генерал армии П.С. Грачев при посещении училища в апреле 1995 г. Подробно ознакомившись с состоянием дел, детально осмотрев учебно-материальную базу, побеседовав с личным составом, Министр обороны дал высокую оценку стилю руководства и методам работы командования училища и распорядился провести на базе училища семинар с начальниками вузов Министерства обороны Российской Федерации.

По своей сути православный русский человек, генерал-майор Н.Т. Волков сумел сделать очень много по возрождению духовных традиций в армии, по объединению Вооруженных Сил Российской Федерации с Русской Православной Церковью. В училище с 1994 года был построен и введен в действие храм Святого Великомученика Георгия Победоносца. Этот храм оказался пер-

вым в истории Российской армии в современной России. Он был освящен по полному чину Патриархом Московским и всея Руси Алексием II. Настоятелем нового храма был назначен иерей Олег Новиков (в прошлом офицер ВМФ СССР).

В конце 1990-х гг. командование войск РХБЗ приняло принципиальное решение о переводе Академии в Кострому на базу училища. Согласно постановлению правительства РФ от 29 августа 1998 г. № 1009 «О военных образовательных учреждениях профессионального образования МО РФ», Военная академия химической защиты им. Маршала Советского Союза С.К. Тимошенко была преобразована в Военный университет радиационной, химической и биологической защиты. В состав университета был включен, в частности, его Костромской филиал, созданный на базе КВВКУХЗ. Начальником Костромского филиала университета приказом Министра обороны РФ № 431 от 21 июня 1999 г. назначен генерал-майор Н.Т. Волков.

В соответствии с распоряжениями правительства РФ № 937-р от 9 июля 2004 г., № 1625-р от 15 декабря 2004 г. и приказом Министра обороны РФ № 35 от 7 февраля 2005 г. Военный университет радиационной, химической и биологической защиты имени Маршала Советского Союза С.К. Тимошенко (г. Москва) был преобразован в государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования – Военную академию радиационной, химической и биологической защиты имени Маршала Советского Союза С.К. Тимошенко.

Указом Президента РФ № 935 от 6 августа 2005 г. и приказом Министра обороны РФ № 700 от 6 августа 2005 г. генерал-майор Н.Т. Волков назначен начальником Костромского высшего военного командно-инженерного училища радиационной, химической и биологической защиты (военного института).



В соответствии с распоряжением правительства РФ № 126-р от 2 февраля 2006 г. принято решение о передислокации Военной академии радиационной, химической и биологической защиты имени Маршала Советского Союза С.К. Тимошенко из Москвы в Кострому. В августе 2006 г. Костромское высшее военное командно-инженерное училище радиационной, химической и биологической защиты (военный институт) было реформировано в структурное подразделение Военной академии радиационной, химической и биологической защиты имени Маршала Советского Союза С.К. Тимошенко (г. Кострома).

Напряженная многолетняя работа подорвала здоровье генерал-майора Н.Т. Волкова. В июне 2006 г. он досрочно уволен в запас по состоянию здоровья с правом ношения военной формы одежды и знаков различия.

После увольнения в запас Н.Т. Волков не мог позволить себе оставаться без дела. Уже в августе 2006 г. он был принят на работу в качестве начальника департамента строительства Костромской области. Затем он работал на должностях государственной гражданской службы – заместителем губернатора Костромской области, советником губернатора, имел классный чин действительного государственного советника Костромской области 3 класса. Работал и в других сферах. Последним местом его деятельности был пост председателя регионального отделения ДОСААФ России Костромской области.

Где бы ни трудился Николай Тимофеевич, он везде стремился к пользе и полезности, инициативному и дальновидному исполнению своих обязанностей. 23 ноября 2017 г. генерал-майор запаса Волков Николай Тимофеевич ушел из жизни. Так закончилась жизнь заслуженного и прославленного всей своей службой в Вооруженных Силах военачальника войск радиационной, химической и биологической защиты.

Указатель авторов и статей журнала за 2017 год

Название	Номер журнала	Номера страниц
Вступление		
Обращение главного редактора к читателям	№ 1	3
Кафедре общей тактики и оперативного искусства Военной академии радиационной, химической и биологической защиты 85 лет (1932–2017 гг.)	№ 3	3 - 6
Войскам радиационной, химической и биологической защиты Вооруженных Сил Российской Федерации 99 лет	№ 4	3 - 4
Проблемы соблюдения Конвенций о запрещении химического и биологического оружия		
Филимонов И.В., Янковская А.А., Завьялова Н.В., Голипад А.Н., Колесников Д.П., Ковтун В.А., Холстов В.И., Ефременко Е.Н. Биотехнологические методы деструкции отравляющих веществ и продуктов их детоксикации	№ 1	4–14
Ковтун В.А., Голипад А.Н., Мельников А.В., Мосин Н.И., Климентьев Ю.А., Макаров М.Л., Повалихин А.П. Химический терроризм как силовой инструмент проведения внешней политики США и стран Запада	№ 2	3–13
Браун А.В., Рыбальченко И.В., Фатеенков В.Н., Понсов М.А., Ставитская Я.В., Орешкин Д.В. Оптимизация метода определения биомаркера иприта в плазме крови человека с использованием жидкостной хромато-масс-спектрометрии	№ 3	7–17
Игнатьев В.А., Корнеев Д.О., Родионов А.А., Фатеенков В.Н. Новые подходы Организации по запрещению химического оружия в области лабораторного обеспечения контроля за нераспространением химического оружия	№ 4	24–34
Корнеев Д.О., Петракова Л.В., Понсов М.А., Родионов А.А. Выбор и оценка режимов хроматографического обнаружения бис(2-N,N-диалкиламиноэтил)дисульфидов методами масс-спектрометрии	№ 4	5–23
Химическая безопасность и защита от химического терроризма		
Антонова О.М. Способ ранней диагностики патологических состояний в условиях воздействия на организм физиологически активных веществ, обладающих генотоксическими свойствами	№ 1	15–22
Баранец А.А., Пригорелов Г.А. Исследование антидотной активности аскорбата цинка при острых ртутных поражениях	№ 2	14–20
Колесников П.Н., Хантов В.П. Разработка порошковой рецептуры для эффективного удаления токсических химикатов из текстильного материала	№ 4	41–49
Соловьев С.Н., Горбачев П.В. Исследование инкапсуляции угольного сорбента в высокомолекулярное соединение при создании средств индивидуальной защиты кожи фильтрующего типа	№ 4	35–40
Биологическая безопасность и защита от биологических угроз		
Павлов Д.Л., Онучина Н.В., Кузнецовский А.В., Фоменков О.О., Туманов А.С. Результаты исследования биологических и генетических свойств сибирязезвонных изолятов эпизоотии 2016 года в Ямало-Ненецком автономном округе	№ 1	23–32
Чуркин И.А., Борисевич С.В., Кутаев Д.А., Лымарь В.Т., Пащенко Ю.И., Гордеев Е.В., Кулиш В.С., Плеханова Т.М., Хамитов Р.А., Сауткина Е.Н. Создание аппаратно-технологической линии для культивирования модифицированных линий клеток млекопитающих, экспрессирующих рекомбинантные белки	№ 1	33–41
Туманов А.С., Воробьев К.А., Печенкин Д.В., Елагин Г.Д., Куклина Г.В., Еремкин А.В., Кытманов А.А., Богачева Н.В., Шурупов С.А., Ипатов С.С. Разработка иммуноферментных моноклональных тест-систем, предназначенных для выявления возбудителей туляремии, сапа, мелиоидоза и сибирской язвы	№ 2	21–27
Савиных А.В., Павлов Д.Л., Кузнецовский А.В., Фоменков О.О., Туманов А.С., Суслепаров А.А., Морозов А.С. Результаты мониторинга сибирязезвонных моровых полей эпизоотии 2016 года на территории Ямалского района Ямало-Ненецкого автономного округа	№ 3	18–29
Шаров Д.А., Лещенко А.А., Багин С.В., Логвинов С.В., Ежов А.В., Лазыкин А.Г., Мохов Д.А., Крупин В.В., Зиганшин А.Р. Совершенствование технологии производства вакцины чумной живой	№ 3	30–37
Поклонский Д.Л., Матвеев А.В., Чифанов Д.Е., Дурилов О.Ю., Зыгин Д.А., Ермилов Н.В., Лагуткина Е.Е., Еремин Г.Г. Методические аспекты утилизации павших животных при ликвидации очагов эпизоотий	№ 4	50–58
Вооружение и средства РХБ защиты		
Карпов В.П., Казимиров О.В., Капканец К.С. Научно-технический анализ основных направлений исследований при создании новых образцов технических средств и рецептур специальной обработки	№ 1	42–52
Батырев В.В. Основные проблемы совершенствования российских средств индивидуальной и коллективной защиты	№ 2	28–37
Супотницкий М.В. Комплекс многофункциональный мобильный модульный для анализа патогенных биологических материалов (агентов)	№ 3	38–50
Ерин А.Е., Дурнов А.С., Скобликов Г.В. Концептуальный подход к военно-экономическому обоснованию перспектив развития вооружения и средств радиационной, химической и биологической защиты	№ 4	59–67
Исторический архив		
Супотницкий М.В., Петров С.В., Ковтун В.А. Влияние химического оружия на тактику и оперативное искусство Первой мировой войны (исторический очерк), часть 1, часть 2, часть 3	№ 1, № 2, № 3	53–68, 39–64, 50–78
Обзор важнейших международных событий в области РХБ безопасности		
Обзор	№ 1, № 2, № 3, № 4	69–79, 65–80, 79–85, 68–73
Хроника		
Васильев Никифор Трофимович (к 70-летию со дня рождения)	№ 2	82
Холстов Виктор Иванович (к 70-летию со дня рождения)	№ 2	81
Памяти первого директора производства защитных препаратов В.В. Кузнецова	№ 3	86
Гладких Вадим Дмитриевич (к 60-летию со дня рождения)	№ 4	80
Союз ветеранов войск, специалистов и организаций в сфере радиационной, химической и биологической защиты	№ 4	74
Старков Евгений Геннадьевич (к 60-летию со дня рождения)	№ 4	79
Памяти Владимира Ивановича Мяжких	№ 4	81
Памяти Николая Тимофеевича Волкова	№ 4	83

Наша замечательная Россия

Авачинский вулкан



Авачинский вулкан расположен на полуострове Камчатка в 30 км к северу от Петропавловска Камчатского – один из 36 действующих вулканов полуострова. Вулканологи относят его к стратовулканам типа «Сомма-Везувий», т.е. он сформировался в кратере, образовавшемся в результате взрыва древнего вулкана. Поэтому на верхней фотографии вы увидите «сомму» – кольцевой вал шириной 5 км, оставшийся после взрыва вулкана-предшественника, произошедшего 30 тыс. лет назад. Современный конус Авачинского вулкана начал расти 3800 лет назад, его рост продолжается благодаря наслоению лавовых потоков. Современная высота вулкана – 2751 м. Конус сложен базальтовыми и андезитовыми лавами, туфами и шлаком. Диаметр кратера – 400 м, имеются многочисленные фумаролы. Самыми бурными считаются извержения 1737 г., 1779 г., 1827 г., 1855 г., 1894–1895 гг., 1926 г. и 1945 г. Последнее извержение произошло в 1991 г. Авачинский вулкан, благодаря своей близости к Петропавловску Камчатскому, один из самых посещаемых вулканов на Камчатке. Однако нам подобраться к его вершине не удалось из-за внезапно начавшегося сильного ветра. Фотографии нижнего ряда: слева – вид на Авачинскую бухту с южного склона вулкана; справа – стена застывшей базальтовой лавы, сформировавшаяся во время одного из древних извержений; в центре – не достигнутая цель, до вершины оставалось совсем немного.

Фотографии М.В. Супотницкого