



ТЕМА НОМЕРА:

НАУЧНЫЕ ПРОБЛЕМЫ
СОБЛЮДЕНИЯ КОНВЕНЦИЙ
О ЗАПРЕЩЕНИИ ХИМИЧЕСКОГО
И БИОЛОГИЧЕСКОГО ОРУЖИЯ

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

JOURNAL OF NBC
PROTECTION CORPS

ВЕСТНИК ВОЙСК РХБ ЗАЩИТЫ

В НОМЕРЕ:

Протокол к Конвенции о запрещении
бактериологического (биологического) оружия –
история, основные положения, значение и причины неподписания

Ферменты и их формы, используемые для обнаружения
фосфорорганических соединений

Том 5, № 1
январь-март

2021

Наша замечательная Россия

Малахов курган, Севастополь

*Их [русских] энергичная и умная оборона
заставляет нас уважать нацию, против которой
у нас никогда не было серьезных обид*

*Французский генерал Эмануэль Вимпфер
участник штурма Малахова кургана*



В годы Крымской войны (1853–1856 гг.) Малахов курган – ключевая позиция обороны на южной стороне города от войск союзников (французы, британцы, турки и сардинцы). Поэтому здесь были возведены укрепления восьмого бастиона. Сейчас к вершине ведет широкая и удобная каменная лестница, но полтора века назад на крутые склоны холма приходилось карабкаться под убийственным огнем русских. На фотографии в верхнем ряду показан Малахов курган так, как он выглядит сегодня со стороны бывшего Камчатского люнета (800 м), захваченного французами в марте 1855 г. Вот такой небольшой холм 18 июня 1955 г. штурмовали 13,5 тыс. французов. Штурм был отбит защитниками кургана с огромными потерями для атакующих. Французам удалось его взять только 27 августа (8 сентября), бросив в бой 25 тыс. бойцов. Существует миф, что союзники взяли Севастополь, но это не так. Они захватили южную часть города, наши войска, взорвав все укрепления, ушли по понтонному мосту через Севастопольскую бухту на подготовленные позиции северной части города. На этом длившиеся уже 349 дней боевые действия прекратились. На фотографии нижнего ряда слева – памятник французским и русским солдатам, погибшим 27 августа (8 сентября). Фотография в центре – Корниловский бастион, двухъярусная каменная башня полуовальной формы для круговой обороны (высота была 8,5 м, радиус – 7 м, толщина стен – 1,5 м). На верхнем ярусе располагалась открытая пятиорудийная батарея. Для стрельбы из ружей было предусмотрено 52 бойницы. Сейчас там музей. На фотографии справа – памятник адмиралу В.А. Корнилову, установленный на месте его смертельного ранения 5 октября 1854 г. Наши войска 16 (28) ноября 1855 г. захватили в Закавказье турецкую крепость Карс, союзники поняли, что находятся в стратегическом окружении. Начались мирные переговоры.

Фотографии М.В. Супотницкого



ВЕСТНИК ВОЙСК РХБ ЗАЩИТЫ

ISSN 2587-5728
(Print)

Том 5, № 1
2021 г.

Журнал издается
с 2017 года

Рецензируемый научно-практический журнал, специализирующийся на освещении химических и биологических угроз Российской Федерации, научных достижений по основным направлениям деятельности и задачам войск РХБ защиты ВС РФ, повышении профессионального уровня специалистов войск РХБ защиты ВС РФ, возрождении интереса к их истории и привлечении молодых ученых к работе в научно-исследовательских организациях войск РХБ защиты ВС РФ

Учредитель и издатель

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

Выходит ежеквартально

Главный редактор

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

Заместители главного редактора

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

Ответственный секретарь

Шило Н.И. (Москва)

Научный редактор

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

Редакционная коллегия

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

Редакционный совет

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

Заместители председателя:

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

Члены редакционного совета:

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

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

Адрес редакции:

27 НЦ МО РФ, 105005, г. Москва,
Бригадирский пер., д. 13.
Тел.: 8 (499) 265-42-90, e-mail: 27nc@mail.ru.
Издание зарегистрировано Федеральной
службой по надзору в сфере связи,
информационных технологий и массовых
коммуникаций (Роскомнадзор).
Свидетельство о регистрации средства
массовой информации
П/И № 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: 25.03.2021 г. Тираж 500 экз.

Отпечатано в типографии:

ФГУП «ЦНИИХМ им. Д.И. Менделеева»,
115487, г. Москва, ул. Нагатинская, д. 16 А.
Тел.: 8 (499) 661-80-46, e-mail: ntrved@cniihm.ru

СОДЕРЖАНИЕ

Редакционная статья

С.В. Петров 3

Проблемы соблюдения конвенций о запрещении химического и биологического оружия

Протокол к Конвенции о запрещении бактериологического (биологического) оружия – история, основные положения, значение и причины неподписания
С.В. Петров, М.В. Супотницкий 4

Химическая безопасность и защита от химического терроризма

Ферменты и их формы, используемые для обнаружения фосфорорганических соединений
И.В. Лягин, Е.Н. Ефременко 22

Биологическая безопасность и защита от биологических угроз

Оценка потенциальной опасности коронавирусов животных как патогенов человека
Т.Е. Сизикова, В.Н. Лебедев, С.В. Борисевич 42

Вооружение войск РХБ защиты и средства РХБ защиты

Мобильный комплекс химического контроля как основа технического оснащения мобильной диагностической группы 33 ЦНИИ Министерства обороны Российской Федерации
В.А. Иноземцев, А.К. Жохов, А.Ю. Бойко, А.С. Самородов, А.В. Жидяев, А.А. Брагинцев 54

Повседневная деятельность войск РХБ защиты

Подготовка специалистов РХБ разведки к выполнению специальных задач
О.В. Болтыков, И.А. Сазонов, А.О. Смирнов 65

Лекции по ключевым вопросам РХБ безопасности

Робототехнические комплексы (средства) войск радиационной, химической и биологической защиты Вооруженных Сил Российской Федерации (лекция)
К.Н. Аккузин 71

Исторический архив

Medizin ohne Menschlichkeit – испытания боевых отравляющих веществ на заключенных концентрационных лагерей в Германии в 1933-1945 гг.
Н.И. Шило 83

Хроника

Василий Васильевич Батырев (к 70-летию со дня рождения) 88

Правила направления и опубликования научных статей в журнале

«Вестник войск РХБ защиты» 89

Порядок рецензирования статей в журнале «Вестник войск РХБ защиты» ... 98

Рукопись не должна содержать плагиата. Авторы должны проверять свои работы на оригинальность с использованием соответствующих программ. Редакция, со своей стороны, также проверяет статьи на оригинальность с использованием программы «Антиплагиат».
Журнал включен в научную электронную библиотеку eLIBRARY.RU и Российский индекс научного цитирования (РИНЦ).
Условия оферты для авторов приведены в п. 11 Правил направления и опубликования научных статей в журнале «Вестник войск РХБ защиты» (Вестник войск РХБ защиты. 2021. Т. 5. № 1. С. 89-97).
К публикации принимаются статьи на русском и английском языках, подготовленные в соответствии с «Правилами направления и опубликования научных статей в журнале «Вестник войск РХБ защиты». Статьи проходят рецензирование не менее чем двумя рецензентами. Используются модели двойного слепого рецензирования либо открытого рецензирования (по выбору авторов). Плата за публикацию статьи и рецензирование рукописей не взимается, ускоренная публикация не допускается. Труды заочных конференций не публикуются.
Журнал распространяется в органах законодательной и исполнительной власти Российской Федерации, в центральных органах военного управления, в научно-исследовательских организациях и образовательных учреждениях Министерства обороны Российской Федерации, в организациях и на предприятиях промышленности, работающих в сфере РХБ защиты, а также поступает в Российскую государственную библиотеку, Российскую национальную библиотеку и другие крупнейшие библиотеки Российской Федерации. Позиция редакции может не совпадать с точкой зрения авторов.



JOURNAL

OF NBC PROTECTION CORPS

ISSN 2587-5728
(Print)
Vol. 5 No 1
2021

Published since
2017

«Journal of NBC Protection Corps» is a peer-reviewed scientific and practical journal, publishing papers in the fields of chemical and biological threats to the Russian Federation. It covers scientific achievements in the main spheres and tasks of the NBC Protection Troops. The objective of the journal is to improve the professional level of specialists of the NBC Protection Troops, to revive the interest in their history and to attract young scientists to the work in scientific research organization of the NBC Protection Troops

Founder and Publisher

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

Quarterly Edition

Editor-in-Chief

Doctor of Technical Sciences, Associate Professor
Petrov S.V. (Moscow)

Deputy Editors-in-Chief

Candidate of Biological Sciences, Senior Researcher
Supotnitskiy M.V. (Moscow)

Candidate of Technical Sciences, Associate Professor
Kolesnikov D.P. (Moscow)

Executive Secretary

Shilo N.I. (Moscow)

Science Editor

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

Editorial Board

Corresponding Member of RAS, Doctor of Biological
Sciences, Professor Aminin D.L. (Vladivostok)

Doctor of Medical Sciences, Professor

Darmov I.V. (Kirov)

Doctor of Biological Sciences, Professor

Efremenko E.N. (Moscow)

Doctor of Biological Sciences, Professor

Zavyalova N.V. (Moscow)

Doctor of Technical Sciences, Professor

Mukhin V.M. (Elektrostal)

Doctor of Medical Sciences, Professor

Rembovskiy V.R. (St.-Petersburg)

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

Doctor of Chemical Sciences, Professor

Rybalchenko I.V. (Moscow)

Doctor of Chemical Sciences

Savelieva E.I. (St.-Petersburg)

Editorial Council

Chairman –

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

Vice-Chairmen:

Candidate of Economical Sciences Kikot S.G.

(Moscow)

Candidate of Chemical Sciences, Associate Professor

Kovtun V.A. (Moscow)

Editorial Council Members:

Doctor of Military Sciences

Inozemcev V.A. (Volsk)

Doctor of Technical Sciences, Professor

Kondratyev V.B. (Moscow)

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

Doctor of Chemical Sciences, Professor

Kholstov V.I. (Moscow)

CRC preparation: Slasilova L.M. (Moscow)

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@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

25 March, 2021.

Circulation: 500 copies.

Published in: Federal State Unitary Establishment

«TsNIIKhM» named after D.I. Mendeleev,

Nagatinskaya Str. 16A, Moscow 115487, Russian

Federation Tel.: 8 (499) 661-80-46,

e-mail: ntrved@cniihm.ru

Contents

Editorial

S.V. Petrov 3

The Problems of Adherence to the Chemical and Biological Weapons Conventions

Protocol to the Convention on the Prohibition of Bacteriological (Biological) Weapons –
History, Main Provisions, Significance and Reasons for Not Signing
S.V. Petrov, M.V. Supotnitskiy 4

Chemical Security and Protection against Chemical Terrorism

Enzymes and Their Forms Used in Detection of Organophosphorus Compounds
I.V. Lyagin, E.N. Efremenko 22

Biological Security and Protection against Biological Threats

The Evaluation of Potential Threat of Animal's Coronaviruses as Human's Patogens
T.E. Sizikova, V.N. Lebedev, S.V. Borisevich 42

Weapons and Means of NBC Protection Troops

The Mobile Complex of Chemical Control as the Basis of Technical Equipment
of the Mobile Diagnostic Group of the 33 Central Scientific Research Test Institute
of the Ministry of Defence of the Russian Federation
V.A. Inozemtsev, A.K. Zhokhov, A.Yu. Boyko, A.S. Samorodov,
A.V. Zhidyayev, A.A. Braginets 54

NBC Protection Troops Everyday Life

Training of NBC Reconnaissance Specialists for Special Tasks Performance
O.V. Boltykov, I.A. Sazonov, A.O. Smirnov 65

Key Issues of NBC Security. Lectures

Robotic Complexes (Facilities) of Nuclear Biological Chemical Defence Corps
of the Armed Forces of the Russian Federation
K.N. Akkuzin 71

Historical Archive

Medicine Without Humanity – Chemical Warfare Agents Tests on Concentration
Camps in Germany in 1933-1945
N.I. Shilo 83

Cronicle

Vasilii Vasilyevich Batyrev (70th Birth Anniversary) 88

Rules for the Authors Sending and Publishing Articles in the «Journal of NBC Protection Corps»

The Order of Peer Reviewing of the Articles in the
«Journal of NBC Protection Corps» 98

All manuscripts must be free from plagiarism content. All authors are suggested to use plagiarism detection software to do the similarity checking. Editors check the plagiarism detection of articles in this journal by using «Antiplagiat» software.

The journal is included into the scientific electronic library eLIBRARY.RU and the Russian Science Citation Index. Terms of the offer for the authors are given in the Article 11 of the Rules for the authors (Journal of NBC Protection Corps. 2021. V. 5. No 1. P. 89-97).

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

The journal is distributed among the bodies of legislative and executive power of the Russian Federation, in the main military headquarters, scientific and research institutions and educational establishments of the Ministry of Defence of the Russian Federation, in engineering, experimental design offices and industrial and manufacturing structures, working in the sphere of NBC Defence. The journal is distributed also among the main libraries of the Russian Federation, including Russian State Library and Russian National Library. The information and views set out in this publication are those of the author(s) and do not necessarily reflect the official opinion of the Editorial Board.

Уважаемые товарищи, друзья, коллеги!

Мы начали пятый год издания журнала «Вестник войск РХБ защиты». Это единственный в России научно-практический журнал, специализирующийся на освещении химических и биологических угроз Российской Федерации, в том числе военного характера. Большинство публикуемых статей – на русском языке. Это очень важно. Грантовая система финансирования научно-исследовательских работ требует от российских ученых публикаций в англоязычных журналах. К сожалению, такая ситуация уже породила много позорных явлений, постепенно разрушающих российскую науку. Русский язык перестает быть языком научного общения. Научные знания, накопленные российскими учеными при скудном финансировании, уходят на Запад и там теряются в море англоязычных публикаций вместе с именами их авторов. Мы не считаем, что можем как-то радикально изменить ситуацию, но предназначение нашего журнала мы все же видим в распространении знаний и опыта в области РХБ угроз и защиты среди граждан нашей страны, среди наших специалистов, а не в зарубежных странах, многие из которых входят в блоки и союзы, враждебные России.

Минувший 2020 г. оказался тяжелым для журнала. Пандемия COVID-19 нарушила связи со многими авторскими коллективами. К сожалению, не обошлось без жертв этой болезни среди наших авторов. Однако мы сохранили редакционный коллектив, периодичность выпуска журнала, рассчитались со всеми нашими подписчиками, накопили редакционный портфель и смогли привлечь к сотрудничеству новых авторов, в том числе зарубежных.

Пандемия COVID-19 напомнила нам о реальности биологических угроз тогда, когда казалось, что время «черных смертей» уже прошло. Мы постарались отразить новую пандемическую ситуацию в серии из 6 статей специалистов «27 Научного центра» (27 НЦ) и «48 Центрального НИИ» (48 ЦНИИ) МО РФ. Сотрудники этих организаций весь 2020 г. участвовали в противоэпидемических мероприятиях. При этом сотрудники 48 ЦНИИ внесли огромный вклад в разработку диагностических тест-систем для определения SARS-CoV-2 и вакцины «Спутник V», предназначенной для специфической иммунопрофилактики COVID-19. Работу 27 НЦ и 48 ЦНИИ МО РФ по достоинству «оценили» «за океаном». Бюро по вопросам промышленности и безопасности (Bureau of Industry and Security, BIS) США внесло их в список организаций, деятельность которых считается противоречащей интересам национальной безопасности или внешней политики США. Если разработка вакцин и средств защиты от химического и биологического оружия противоречит интересам национальной безопасности США, то мы понимаем, почему именно это их беспокоит, и считаем, что наша работа оказалась весьма эффективной.

Со своей стороны, мы уделяли в прошедшем году и будем уделять в году нынешнем пристальное внимание проблемам соблюдения конвенций о запрещении химического и биологического оружия, чтобы наши специалисты понимали, кто и как их нарушает. Нам в этих вопросах стесняться нечего. Российская Федерация соблюдает взятые на себя обязательства в области контроля над таким оружием, чего не скажешь о наших «партнерах». Но их мы обсудим публично, с опорой на документы, начиная с этого номера журнала. Разумеется, в 2021 г. мы будем концентрировать усилия наших авторов и на других биологических проблемах, в частности, пандемии COVID-19, а также на изменении ситуации в биотехнологиях двойного назначения.

Главный редактор



С.В. Петров

*Д-р техн. наук, лауреат Ленинской премии 1991 г., генерал-полковник в отставке.
В 1989–1991 гг. – начальник Химических войск СССР, в 1992–2001 гг. – начальник войск РХБ защиты.*

Протокол к Конвенции о запрещении бактериологического (биологического) оружия – история, основные положения, значение и причины неподписания

© КОЛЛЕКТИВ АВТОРОВ, 2021

УДК 577:355.424.92

<https://doi.org/10.35825/2587-5728-2021-5-1-4-21>

С.В. Петров, М.В. Супотницкий

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

Поступила 30.01.2021 г. Принята к публикации 20.03.2021 г.

Конвенция о запрещении разработки, производства и накопления запасов бактериологического (биологического) и токсинного оружия и об их уничтожении (КБТО) не имеет юридически обязательного режима проверки. Попытка Специальной группы экспертов, созданной Комитетом ООН по разоружению, укрепить КБТО путем разработки юридически обязывающего документа – Протокола, в июле 2001 г. была заблокирована США. Цель работы – изучить историю, основные положения, значение и причины неподписания Протокола к КБТО. Основное внимание уделяется логике событий в области контроля над биологическим оружием, которые привели ряд стран к пониманию необходимости разработки Протокола. Предметом отдельного рассмотрения стала подоплека действий США по блокированию этого документа. На проходившей с 8 по 25 сентября 1986 г. в Женеве второй обзорной Конференции по осуществлению Конвенции СССР, ГДР и ВНР внесли предложение о выработке и принятии Протокола в качестве дополнения к КБТО. Разработанный документ должен был установить общие положения, определения терминов, перечни агентов и токсинов, перечни оборудования, которое присутствует или используется на производственном объекте, пороговые количества биологических агентов, предназначенных для оценки средств и методов защиты. Механизм предполагаемой проверки был основан на трех «столпах»: на заявлениях, которые должны были включать в себя основную информацию о соответствующих возможностях каждого государства-участника; на посещениях, в ходе которых предполагалось проведение оценки достоверности деклараций; на расследованиях, которые должны были проверять и подтверждать или не подтверждать предполагаемое несоблюдение Конвенции. Режим проверки должен был находиться под контролем международной организации – Организации по запрещению бактериологического (биологического) и токсинного оружия. Однако против международных инспекций выступило военное ведомство США и фармацевтические компании. Особую роль в блокировании Протокола сыграл заместитель госсекретаря США по контролю за вооружениями и международной безопасности Джон Болтон (John Robert Bolton II). В ходе Пятой обзорной конференции в декабре 2001 г. он потребовал прекращения мандата Специальной группы на переговоры по Протоколу на том основании, что любые международные соглашения стесняют действия США. Сложившаяся на сегодняшний день ситуацию с контролем над биологическим оружием нельзя пускать на самотек. Должны быть разработаны меры по укреплению КБТО, учитывающие новые фундаментальные изменения в биотехнологиях двойного назначения. При этом надо учитывать, что разработанный в 1990-х гг. Протокол уже устарел, в том числе в части, касающейся его терминологической основы.

Ключевые слова: бактериологическая война; биологическая война; биологическое оружие; Протокол; Конвенция о запрещении биологического оружия; разоружение.

Библиографическое описание: Петров С.В., Супотницкий М.В. Протокол к Конвенции о запрещении бактериологического (биологического) оружия – история, основные положения, значение и причины неподписания // Вестник войск РХБ защиты. 2021. Т. 5. № 1. С. 4–21. <https://doi.org/10.35825/2587-5728-2021-5-1-4-21>

Конвенция о запрещении разработки, производства и накопления запасов бактериологического (биологического) и токсинного оружия и об их уничтожении (КБТО), вступившая в силу 26.03.1975 г.¹, стала возможной в результате сделки двух сверхдержав того времени – СССР и США, чья военная мощькратно превышала военную мощь любого другого государства. Специальная группа правительственных экспертов, созданная Комитетом ООН по разоружению по итогам длившихся почти десятилетие переговоров, должна была разработать к КБТО дополнительный Протокол, предполагающий возможность проверки ее соблюдения. Для этой цели должен был быть определен режим проверок и создана специальная контролирующая организация. Однако в июле 2001 г. в ходе 24-й сессии Специальной группы окончательный проект Протокола внезапно был заблокирован Соединенными Штатами Америки [1]. Без поддержки США переговоры провалились. В итоге никаких отработанных механизмов проверки соблюдения КБТО не существует до сегодняшнего дня².

Цель работы – изучить историю, основные положения, значение и причины неподписания Протокола к КБТО. Основное внимание уделяется логике событий в области контроля над биологическим оружием, которые привели целый ряд стран к пониманию необходимости разработки Протокола. Предметом отдельного рассмотрения послужила подоплека действий США по блокированию этого документа. Рассматриваемые события охватывают период

после окончания Первой Мировой войны до 2020 г.

Женевский протокол 1925 г. и КБТО 1972 г. После окончания Первой Мировой войны вопрос о запрещении бактериологического оружия, в отличие от оружия химического, на повестке дня не стоял.

На Женевской конференции по контролю над международной торговлей оружием³, прошедшей в мае 1925 г., США предложили ввести запрет на экспорт удушающих, токсичных, ядовитых или вредоносных газов и всех аналогичных жидкостей, предназначенных или созданных для использования в связи с ведением боевых действий. Однако большинство стран-участников посчитали такой запрет недостаточным, поскольку Протокол не предполагал никаких ограничений на производство и применение химического оружия. Поэтому страны, которые химическим оружием к тому моменту еще не обладали, оказались бы в уязвимом положении. По инициативе Франции было предложено разработать не резолюцию, а юридически обязывающий документ – протокол о запрещении использования отравляющих газов [1].

Протокол 1925 г. должен был закрепить новую реальность ведения войны, не отраженную в приложениях к конвенции «О законах и обычаях сухопутной войны» 1899 г. (ст. 23, п. «а» и «е»)⁴. Германские военные толковали эту статью буквально – как запрещение применения на войне ядов для отравления колодцев, а также отравленного оружия (пуль, сабель, копий, стрел и т.п.)⁵. Химического оружия,

¹ Полный текст Конвенции и список государств-участников. URL: https://www.un.org/ru/documents/decl_conv/conventions/bacweap.shtml; https://en.wikipedia.org/wiki/List_of_parties_to_the_Biological_Weapons_Convention; и <http://www.opbw.org/convention/conv.html> (дата обращения: 10.01.2020).

² Оба автора имели отношение к работе над составлением Протокола. Генерал-полковник в отставке С.В. Петров занимал тогда должность начальника войск РХБ защиты и направлял эту работу от Министерства Обороны Российской Федерации (МО РФ); полковник мед. службы запаса М.В. Супотницкий в то время работал в ФГБУ «42 Научно-исследовательский центр биологической безопасности» МО РФ (42 НИИБ МО РФ) и участвовал в подготовке отдельных справочных и информационных документов для российских экспертов в Женеве.

³ СССР не был участником этой конференции.

⁴ К Конвенции «О законах и обычаях сухопутной войны» было добавлено «Приложение о законах и обычаях сухопутной войны», состоящее из четырех отделов. В отделе II приложения, имеющего подзаголовок «О военных действиях», в главе I «О средствах нанесения вреда неприятелю, об осадах и бомбардировках», в ст. 22 записано: «Воюющие не пользуются неограниченным правом в выборе средств нанесения вреда неприятелю». А ст. 23 поясняла это положение: «Кроме ограничений, установленных особыми соглашениями, запрещается также: а) употреблять яд или отравленное оружие...; е) употреблять оружие, снаряды и вещества, способные причинять излишние страдания...». Через восемь лет, 5 (18) ноября 1907 г., в Гааге 46 странами были подписаны 13 конвенций и 1 декларация, касающиеся правил ведения войны. Конвенция «О законах и обычаях сухопутной войны» имела «Приложение о законах и обычаях сухопутной войны». В нем «слово в слово» были повторены вышеприведенные положения. Этим дипломатическим документом также было запрещено и бросание снарядов или взрывчатых веществ с аэропланов или каким-нибудь другим подобным способом. Страна, нарушившая конвенцию, даже обязывалась к выплате компенсаций.

⁵ Более подробно о первых попытках запретить химическое оружие и о дискуссиях о правомерности его применения в годы Первой Мировой войны см. в работах С.М. Пунжина [1] и Н.И. Шило [2]. Текст конвенции «О законах и обычаях сухопутной войны» 1899 г. и приложений к ней приведен в работе Ю.В. Ключникова

т.е. специальных боеприпасов (авиабомб, мин, снарядов, выливных авиационных приборов, фугасов и др.), снаряженных отравляющими веществами (ОВ), на момент проведения Гаагских конференций (1899 г. и 1907 г.) еще не существовало. Поэтому и применение его прямо не запрещалось [1, 4]. Теперь такой запрет появился [5].

Бактериологического оружия в том виде, в каком мы его себе представляем сейчас (авиационные диспергирующие приборы, касетные авиабомбы и т.п., см. [6]), в Первую Мировую войну не было [7], поэтому на начальном этапе конференции оно не рассматривалось. Запрет на применение бактериологического оружия⁶ в текст протокола был добавлен по предложению Польши. Польский представитель указал на большую опасность для людей возбудителей холеры, брюшного тифа, чумы, столбняка, сапа и ботулизма. Животные могут быть искусственно заражены культурами возбудителя сапа, чумы крупного рогатого скота и др.⁷ Бактериологическая война может вестись и против сельскохозяйственных растений, обрекая людей на голод. Последствия бактериологической войны будут одинаково ощущаться как вооруженными силами воюющих

сторон, так и всем гражданским населением, даже вопреки желанию воюющих сторон, которые не смогут ограничить действие такого оружия [5].

Протокол 1925 г. не устанавливал никакой формы контроля за его выполнением.

Между тем, многие страны мира (СССР, Франция, Великобритания, Чехословакия, Канада, Румыния и др.) присоединились к Протоколу с оговорками, состоявшими, как правило, из двух пунктов: 1) Протокол обязателен к соблюдению только по отношению к государствам-участникам⁸; 2) Протокол переставал считаться для государства-участника обязательным к соблюдению в том случае, если в ходе вооруженного конфликта против него и его вооруженных сил применялось химическое оружие⁹. Таким образом сфера применения Протокола 1925 г. значительно сузилась. Абсолютный запрет на применение химического и бактериологического оружия превратился в запрещение его первого применения. По сути, это была узаконенная возможность ответных ударов химическим оружием. Именно она стала сдерживающим фактором его использования во время Второй Мировой войны [1]¹⁰.

и А.В.Сабанина [3]. К идее применения химических снарядов в будущей войне участники обеих конференций отнеслись скептически [4].

⁶ Понятия «биологическое оружие», включающее применение в качестве поражающих агентов вирусов и токсинов, тогда не существовало. Токсины еще не умели получать в больших количествах, а вирусология находилась на начальном этапе своего становления.

⁷ Возможно, инициатива Польши была вызвана тем, что Германия осуществляла с 1915 г. биодиверсии во Франции, России, США и в нейтральных странах с целью заражения домашнего скота и заражения кормов для животных, отправляемых союзным войскам. Обычно германские агенты маскировались под «конюхов». Возбудители сапа и сибирской язвы использовались ими для заражения лошадей и мулов [8–10]. Наиболее «удачной» из осуществленных в годы войны бактериологических диверсий в отношении британских войск оказалась диверсия в Месопотамии в 1917 г., когда немцам удалось вызвать вспышку сапа среди 4,5 тыс. мулов [6].

⁸ В данном случае применялась та же логика, что и в конвенциях о законах и обычаях сухопутной войны, «Статья 2. Постановления упомянутого в ст.1 Положения, а равно настоящей конвенции обязательны лишь для договаривающихся Держав и только в случае, если все воюющие участвуют в конвенции».

⁹ В частности, СССР присоединился к Женевскому протоколу с нижеследующими оговорками:

«1) что названный Протокол обязывает Правительство Союза Советских Социалистических Республик только по отношению к государствам, которые его подписали и ратифицировали или к нему окончательно присоединились;

2) что названный Протокол перестанет быть обязательным для Правительства Союза Советских Социалистических Республик в отношении всякого неприятельского государства, вооруженные силы которого, а также формальные или фактические союзники которого не будут считаться с воспрещением, составляющим предмет этого Протокола». URL: http://www.conventions.ru/view_base.php?id=9798 (дата обращения: 20.11.2020)

¹⁰ Женевский протокол держался на взаимном страхе перед химическим оружием. Президент США Франклин Рузвельт (англ. Franklin Delano Roosevelt, 1882–1945) в 1943 г. сделал заявление, в котором предупредил «армии Оси и народы Оси в Европе и Азии», что за любым применением химического оружия последует «максимально полный ответный удар по военным центрам, морским портам и другим военным объектам на всей территории страны Оси» [5]. Армии союзников также учитывали возможности немцев. S. Hersh [11], ссылаясь на мемуары Дэвида Лилиенталя (англ. David Eli Lilienthal: 1899–1981), бывшего председателя комиссии по атомной энергии, писал, что начальником генерального штаба армии США генералом Дж. Маршаллом (англ. George Catlett Marshall: 1880–1959) в конце войны были подготовлены рекомендации по применению химического оружия против Японии. Господство в воздухе ВВС США делало план весьма заманчивым и относительно безопасным на Тихоокеанском театре военных действий. Однако реализовать его не пришлось из-за

После Второй Мировой войны на передний план выступило ядерное оружие. Устав ООН, вступивший в силу 24 октября 1945 г., созданию системы регулирования вооружений внимания уделял довольно мало. На практике же ООН сделала разоружение одной из своих главных целей. Хотя Комиссия ООН по разоружению¹¹ была больше озабочена ядерным оружием, показательно использованным США в конце войны.

Предметом специальных дискуссий стал вопрос о том, что можно отнести к оружию массового уничтожения (ОМУ). СССР предлагал к такому оружию отнести любое оружие, вызывающее массовые разрушительные последствия для населения и городов, удаленных от поля боя. Регулирование и сокращение вооружений должно было распространяться на все виды вооружений. Однако понимания у бывших союзников он не нашел. В сентябре 1947 г. Соединенные Штаты представили Комиссии по разоружению проект резолюции, в соответствии с которой ОМУ включало «ядерное взрывное оружие, оружие из радиоактивных материалов, смертоносное химическое и биологическое оружие¹², а также любое оружие, разработанное в будущем, которое имеет сопоставимые по разрушительному действию характеристики к атомной бомбе или другому оружию, упомянутому выше». Иное оружие предполагалось рассматривать, как обычные вооружения (такие представления об ОМУ существуют и в настоящее время). Проект был принят большинством голосов [5].

В 1948 г. Генеральный секретарь ООН обратил внимание на то, что продолжительные дебаты по контролю над атомной энергией отвлекли внимание от разработок в области бак-

териологического и химического оружия. В отношении них никогда не было ни эффективной монополии, ни мер контроля. В июле 1949 г. на Женевской конференции по защите жертв войны правительство США отклонило предложение о необходимости обнародования заявления о том, что использование бактериальных и химических веществ, ядерного или любого другого ОМУ несовместимо с элементарными принципами международного права. Однако резолюция Генеральной Ассамблеи ООН от 11 января 1952 г. предписала Комиссии по разоружению¹³ подготовить предложения для включения в проект договора (или договоров) о регулировании, ограничении и сбалансированном сокращении всех вооруженных сил и всех вооружений, «для устранения всех основных видов оружия, пригодных для массового уничтожения и для эффективного международного контроля над атомной энергией ...» [5].

На фоне нерешенности проблемы контроля над бактериологическим оружием 22 февраля 1952 г. министр иностранных дел КНДР Пак Хон Ён (1900–1955) заявил Секретариату ООН о применении американской армией бактериологического оружия против вооруженных сил и населения Северной Кореи и Китая [11]. В ходе последовавших дискуссий выяснилось, что проверять приведенные факты было некому. США предложили поручить расследовать обвинения в развязывании бактериальной войны на Корейском полуострове Международному комитету Красного Креста. СССР высказался против такого предложения, так как Международный комитет Красного Креста не обладал полномочиями для решения таких вопросов – это не международная, а швейцарская национальная организация, поэтому она не могла

жесткого противодействия Уинстона Черчилля (англ. Sir Winston Leonard Spencer Churchill: 1874–1965). Британский премьер хорошо усвоил уроки химической войны, преподнесенные германскими военными и химиками войскам Антанты в 1915–1918 гг., и серьезно опасался, что Германия вновь применит химическое оружие против Соединенного Королевства. Поэтому американским командованием было принято решение использовать химическое оружие только в качестве ответной меры на применение Японией химического и биологического оружия (Япония присоединилась к Женевскому протоколу только в 1970 г.).

¹¹ В декабре 1945 г. на совещании в Москве министров иностранных дел СССР, США и Великобритании было принято решение предложить первой сессии Генассамблеи создать комиссию по наиболее злободневной послевоенной теме – атомной энергии. В январе следующего года такая комиссия была создана. В ее состав были включены все государства-члены Совета Безопасности ООН плюс Канада.

¹² Смертоносное, смертельное – поправка, внесенная представителем США в сентябре 1947 г. на третьем заседании рабочего комитета Комиссии по обычным вооружениям. Это было сделано для того, чтобы различать смертоносное химическое и биологическое оружие, и оружие нелетальное, то есть слезоточивый газ, дымовые завесы и т. д. [5].

¹³ Комиссия по разоружению Организации Объединенных Наций учреждена 11 января 1952 г. резолюцией 502 (VI) Генассамблеи ООН. Передана под юрисдикцию Совета Безопасности ООН. В ее мандат входили: подготовка предложений по договору о регулировании, ограничении и сбалансированном сокращении всех вооруженных сил и всех вооружений, включая ликвидацию всех видов оружия массового уничтожения. Однако комиссия собиралась лишь несколько раз. Затем последовала череда создания других органов, занимавшихся разоружением: Комитет десяти наций по разоружению (1960), Комитет восемнадцати наций по разоружению (1962), Конференция Комитета по разоружению (1969) и, наконец, Конференция по разоружению (1979), которая заседает и по сей день.

считаться объективной и беспристрастной. Кроме того, в прошлом она скомпрометировала себя, защищая фашистских военных преступников¹⁴.

Две международные группы левого толка подготовили отчеты, обвинявшие США в ведении бактериологической войны. Первой группой была комиссия Международной ассоциации юристов-демократов. 31 марта 1952 г. она подготовила «Отчет о преступлениях США в Корее» [13]. Вторая группа была создана под эгидой Всемирного совета мира. В октябре 1952 г. она подготовила «Доклад Международной научной комиссии по расследованию фактов, касающихся биологической войны в Китае и Корее» [14]. Оба доклада были направлены в Совет Безопасности ООН, но США и большинство членов ООН их отвергли как неубедительные, только на основании того, что их составляли коммунисты [15].

В 1950-х гг. противодействие США попыткам запрещения применения бактериологического оружия путем ратификации Женевского протокола 1925 г. было связано не столько с нежеланием свернуть свою, набравшую темп программу по созданию биологического оружия, сколько с нежеланием создавать прецедент для запрета на использование ядерного оружия. США настаивали на решении проблемы биологического оружия в сочетании с другими мерами по разоружению путем раскрытия и проверки всех вооруженных сил и вооружений с последующим постепенным сокращением и уничтожением запрещенных вооружений при соответствующем контроле и гарантиях. Желающих добровольно раскрывать информацию обо всех своих военных возможностях не нашлось.

Обсуждение проблемы запрещения бактериологического оружия в 1950-х и в начале 1960-х гг. продолжалось в рамках программ и деклараций о всеобщем разоружении. Однако тогда оно считалось второстепенной проблемой. Первым с предложением о ликвидации химического и биологического оружия выступил СССР, включив в проект договора о всеобщем и полном разоружении от 15 марта 1962 г. статью, предусматривавшую изъятие и полное уничтожение химического и бактериологического оружия на втором этапе разоружения (ст. 23). Уже было ясно, что Женевский

протокол 1925 г. устарел. Его запреты распространялись только на использование в войне определенных газов, аналогичных жидкостей и бактерий. Но их применение во враждебных целях в мирное время не было запрещено протоколом. Это было серьезным упущением в условиях того времени. Боевые действия могли вестись без объявления войны, а некоторые наиболее опасные виды химического и биологического оружия подходили для использования в обстоятельствах, при которых не существовало открытого военного конфликта. Однако Комитет по разоружению в Женеве¹⁵ сосредоточил свои основные усилия на разработке договора о нераспространении ядерного оружия и не смог уделить достаточного внимания рассмотрению других вопросов. Когда 7 декабря 1967 г. на двадцать второй сессии Генеральной Ассамблеи ООН делегация Мальты внесла проект резолюции о пересмотре, обновлении или замене Женевского протокола, она не получила поддержки [5].

Позиция Женевского протокола поколебалась с избранием президентом США в 1969 г. Ричарда Никсона (англ. Richard Milhous Nixon; 1913–1994). В 1960-е гг. деятельность Соединенных Штатов в области химического и биологического оружия подверглась критике в первую очередь со стороны американских политических и научных кругов. Ее катализатором стало использование химических гербицидов и слезоточивого газа во Вьетнаме. Кроме того, многие влиятельные американские политики подозревали, что потеряли контроль над очень секретными программами биологической войны [16].

К приходу администрации Никсона была пересмотрена роль самого биологического оружия в современной войне. На начало 1960-х гг. его относили к инструменту стратегического сдерживания противника. У военных этот постулат вызывал все больше сомнений. Между ядерным и биологическим оружием есть существенные различия. Предпосылкой стратегического сдерживания является способность государства гарантированно нанести неприемлемый ущерб противнику в ответ на нападение. С ядерным оружием разрушение абсолютное. Биологическое оружие – это оружие внезапного нападения, т.е. первого удара. Однако и в этом случае оно не может нанести гарантированно

¹⁴ URL: <https://www.kommersant.ru/doc/213441>; <https://geopolitics.co/2015/06/04/red-cross-scam-exposed/>; и <https://www.theguardian.com/world/2011/may/25/nazis-escaped-on-red-cross-documents> (дата обращения: 02.01.2021)

¹⁵ Здесь речь идет о Комитете восемнадцати наций по разоружению (Eighteen Nation Committee on Disarmament, ENDC; Комитет восемнадцати). Создан ООН в 1961 г. для рассмотрения вопросов разоружения, мер укрепления доверия и контроля ядерных испытаний. ENCD начал работу 14 марта 1962 г. в Женеве и собирался регулярно до 26 августа 1969 г. Между 1965 и 1968 гг. ENCD вел переговоры по Договору о нераспространении ядерного оружия.

неприемлемый ущерб противнику из-за относительно высокого уровня неопределенности при его использовании. В отличие от ядерного оружия, действие биологического оружия могут в значительной степени ослабить массовая вакцинация войск и населения, использование антибиотиков при лечении пораженных, а также типовые противоэпидемические мероприятия¹⁶. Сами биологические агенты в момент применения чувствительны к вертикальной устойчивости атмосферы, инсоляции и погодным условиям, что снижает их эффективность. Наконец, крайняя секретность, с которой осуществлялись программы по разработке биологического оружия, как это ни парадоксально звучит, также ограничивает его ценность как стратегического средства сдерживания. Когда биологическое оружие государства хранится в секрете, трудно заставить противника осознать его реальную угрозу. Для того, чтобы сделать сдерживающую угрозу убедительной, государство должно не только признать, что оно нарушает международные нормы и законы, но и раскрыть детали наступательных возможностей своего биологического оружия, такие как типы поражающих агентов, которые оно разработало, а также их средства доставки к цели, на что, разумеется, ни одно государство не пойдет [17].

Другая военно-политическая причина решения Никсона об отказе от биологического оружия – страх поспособствовать его распространению. Сохранение Соединенными Штатами своих программ по созданию такого оружия создавало большой риск утечки знаний о нем в другие страны, что потенциально создавало большую угрозу для международной безопасности [17].

Продemonстрировав мощь своего ядерного потенциала, Соединенные Штаты в официальных заявлениях утверждали, что не нуждаются в биологическом оружии в качестве сдерживающего фактора или оружия массового уничтожения. Американские политики исхо-

дили из того, что всеобщий запрет на биологическое оружие мог бы дать им гораздо больше преимуществ, чем его наличие. США сохраняли бы военное лидерство в мире, а страны, неспособные создать ядерное оружие, не имели бы возможности применить оружие биологическое [17].

Процесс разработки КБТО был запущен за год до того, как Соединенные Штаты в одностороннем порядке отказались от биологического оружия. В 1968 г. Соединенное Королевство представило в Комитет ООН по разоружению проект Конвенции о запрещении биологического оружия, устанавливавшей всеобщий запрет на биологическое и токсинное оружие. Великобритания предложила на международных переговорах по разоружению химическое и биологическое оружие разделить и основные усилия сосредоточить на запрещении оружия биологического, так как быстрое развитие биологической науки могло привести к тому, что запрет биологического оружия мог опоздать. Раньше усилия в области разоружения по инерции Женевского протокола 1925 г. были направлены на совместное запрещение химического и биологического оружия. Более того, общественность в целом воспринимала эти два вида оружия как одно и то же, так как они воздействовали только на живые цели, не разрушая материальных ценностей. Соединенные Штаты охотно на такое разделение согласились. Пожертвовав менее ценным оружием (по их представлениям конца 1960-х гг.), они оставляли химическое как средство сдерживания русских [19].

Однако Советский Союз и его союзники категорически возражали против разделения химического и биологического оружия. В основе этой позиции было понимание того, что с таким соглашением Соединенные Штаты могут свободно продолжать и свою химическую кампанию во Вьетнаме, и разрабатывать новые поколения химического оружия, постоянно обновляя химические арсеналы¹⁷. Но после дли-

¹⁶ Примером такого подхода к защите войск от бактериологического оружия может служить подготовка к стратегической наступательной операции против японских войск в Маньчжурии и Северном Китае в августе 1945 г. Для советского командования не было тайной ни само проведение японскими военными работ по созданию бактериологического оружия на территории Маньчжурии, ни то обстоятельство, что при его разработке приоритет отдавался возбудителю чумы [18]. Поэтому перед проведением операции были развернуты дополнительные инфекционные госпитали, а 98,5 % личного состава соединений Забайкальского, 1- и 2-го Дальневосточных фронтов иммунизировано «сухой живой чумной вакциной НИИЭГ» (НИИЭГ – НИИ гигиены и эпидемиологии Красной Армии, в настоящее время – ФГБУ «48 Центральный научно-исследовательский институт» МО РФ; находится под санкциями США). Последнее обстоятельство обрекало на неудачу любые попытки Квантунской армии применить возбудитель чумы против советских войск. Японцам оставалось только уничтожить всю инфраструктуру бактериологического оружия (отряды 731 и 100) и бежать. Ни одного случая чумы среди личного состава Красной армии, находящегося в маньчжурском эпидемическом очаге, не было [Николаев Н.И. Чума в Маньчжурии. Дис. ... д-ра мед. наук. Киров, 1949].

¹⁷ Так оно и оказалось. Для США переговоры в Женеве были ширмой, скрывавшей развертывание программы бинарного химического оружия. Для того, чтобы полностью заблокировать переговоры, в американский проект Конвенции по запрещению химического оружия (КХО) в 1984 г. были включены предложения об инспекции по запросу с коротким периодом уведомления (инспекционной группе должен быть разрешен

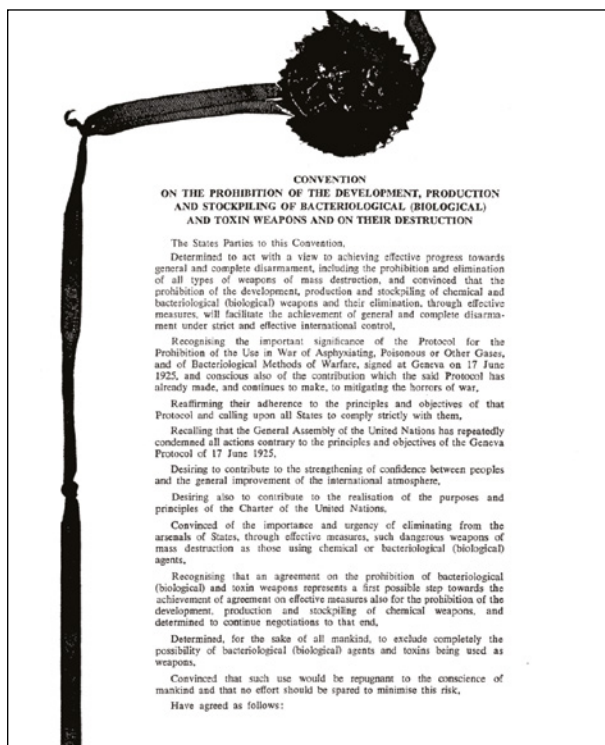


Рисунок 1 – Изображение первого листа КБТО (фотография с ресурса: BWC-text-English.pdf; дата обращения: 10.12.2020)

тельного противодействия Советский Союз 30 марта 1971 г. неожиданно представил свой собственный проект конвенции, сняв возражения против отделения биологического оружия от химического [17].

Советское предложение отличалось от британского в трех важных отношениях: 1) в нем не упоминалось, что государствам-участникам запрещено при любых обстоятельствах использовать биологическое оружие (СССР и его союзники считали, что этот вопрос уже «четко и недвусмысленно» урегулирован Женевским протоколом 1925 г.); 2) оно не ставило вне закона исследования, направленные на его

разработку; 3) предполагалось, что все жалобы на нарушение тем или иным государством своих обязательств будут направляться в Совет Безопасности ООН [16].

Это предложение вызвало в Комитете ООН по разоружению¹⁸ серьезную дискуссию, поскольку трактовалось как результат нежелания СССР допустить на свою территорию любую инспекцию любого оружия. Однако США решили вести переговоры на основе советского проекта конвенции, а не британского, отказавшись от возможного режима инспекций, что было истолковано «европейскими партнерами» как «тайный и необъявленный сговор между сверхдержавами». У обеих сверхдержав было право вето в Совете Безопасности ООН [21].

5 августа 1971 г. Соединенные Штаты и Советский Союз вместе представили совместный (советско-американский) проект текста для продолжающихся переговоров на Конференции Комитета по разоружению в Женеве. КБТО была подписана 10 апреля 1972 г. Через три года договор вступил в силу, когда 22 государства, включая США, Великобританию и Советский Союз сдали на хранение свои ратификационные грамоты в архивы правительства-депозитариев [5, 7, 16] (рисунок 1).

Таким образом КБТО – это юридически обязывающий многосторонний договор на неопределенный срок, запрещающий биологическое и токсинное оружие. На март 2020 г. к нему присоединились 183 страны. Десять государств не подписали и не ратифицировали КБТО (Чад, Коморские Острова, Джибути, Эритрея, Израиль, Кирибати, Микронезия, Намибия, Южный Судан и Тувалу).

КБТО запрещает разработку, накопление, приобретение, хранение и производство:

- биологических агентов и токсинов в количествах, не имеющих оправдания для использования в профилактических, защитных или иных мирных целях;

въезд в инспектируемую страну не позже, чем через 36 ч после запроса) в любое время в любом месте и без права отказа. Советская сторона не могла согласиться с таким предложением. Однако в 1987 г., когда наступило время «нового мышления» в международных отношениях, СССР согласился на установление подобного режима, поставив США в неудобное положение. Там совсем не рассчитывали, что и их будут проверять, да еще в такие сроки [1]. Тогда же Советский Союз заявил о прекращении производства химического оружия. Для США это решение перестроечных советских властей стало сигналом для возобновления производства химического оружия после 18-летнего одностороннего моратория. Они начали программу замены устаревших химических боеприпасов бинарными. Эта работа была остановлена только в конце 1990-х гг. [20].

¹⁸ Первый комитет Организации Объединенных Наций (также известный как Международный комитет по безопасности и разоружению или Disarmament and International Security, DISEC или C1) является одним из шести главных комитетов на Генеральной Ассамблее Организации Объединенных Наций. Он занимается вопросами разоружения и международной безопасности. Первый комитет собирается каждый год в октябре на 4–5-недельную сессию после общих прений в Генеральной Ассамблее. Принять участие могут все 193 государства-члена ООН. Это единственный главный комитет Генеральной Ассамблеи, имеющий право составлять стенографические отчеты. Первый комитет имеет два основных органа, которые подотчетны ему – Комиссия по разоружению (Disarmament Commission, UNDC) и Конференция по разоружению (Conference on Disarmament, CD). Он также заслушивает отчеты любых созданных им экспертных групп.

- оружия, оборудования и средств доставки, «предназначенных для использования таких агентов или токсинов во враждебных целях или в вооруженном конфликте;

- передачу или помощь в приобретении агентов, токсинов, оружия, оборудования и средств доставки, описанных выше.

Конвенция также требует, чтобы государства-участники уничтожили или перенаправили в мирные цели «агенты, токсины, оружие, оборудование и средства доставки», описанные выше, в течение девяти месяцев после вступления конвенции в силу. КБТО не запрещает использование биологического и токсинного оружия, но подтверждает Женевский протокол 1925 г., который запрещает такое использование. КБТО также не запрещает программы биологической защиты.

Режим договора обязывает государства-участники консультироваться друг с другом и сотрудничать на двусторонней или многосторонней основе для решения проблем, связанных с его соблюдением. Это также позволяет государствам-участникам подавать жалобу в Совет Безопасности ООН, если они считают, что другие государства-члены нарушают конвенцию. Совет Безопасности может расследовать эти жалобы¹⁹.

Стороны, которые подписали, но еще не ратифицировали КБТО, обязаны воздерживаться от действий, которые нарушили бы цель договора, до тех пор, пока они специально не сообщат ООН о своем намерении не ратифицировать договор. Стороны, подписавшие КБТО, должны ежегодно представлять в ООН следующую информацию: объекты, на которых проводятся исследования в области биологической защиты, проводимые научные конференции в указанных учреждениях; обмен учеными или информацией; сведения о вспышках болезней [7].

Недовольство КБТО и создание международной группы экспертов для разработки Протокола. КБТО, оказавшаяся «сделкой сверхдержав», не включала никаких систематических и юридически обязательных мер проверки, таких как инспекции, экспортный контроль или обязательное декларирование биологических объектов и видов их деятель-

ности. И хотя статья I КБТО запрещает разработку, производство, накопление или приобретение иным образом биологического оружия или сохранение его²⁰, этот запрет не распространяется на применение и исследования биологического оружия. Запрет на «применение» прописан в параллельно действующем Женевском протоколе 1925 г., на который ссылается статья VIII КБТО, но ни в том, ни в другом документе не обозначен запрет на исследования биологического оружия. Кроме того, КБТО прямо не распространялась на применение биологического оружия против животных и растений. Да и, как оказалось, жалобы на несоблюдение КБТО можно было подавать только в Совет Безопасности, где Соединенные Штаты, Советский Союз, Великобритания, Франция и Китай могли наложить вето на расследование по политическим причинам. Генеральный секретарь ООН такой функции не получил [19].

Особенно негативную позицию в отношении КБТО занимали Франция и Швеция, утверждавшие, что проверка была условием их присоединения к КБТО. Среди государств-участников КБТО в зависимости от того, как они действовали в ее рамках, обозначились два подхода: реформистский (те, кто хотел усилить соблюдение КБТО посредством разработки дополнительных механизмов) и минималистский (выступавшие за статус-кво). Минималисты опасались, что более сильная КБТО приведет к потере национального суверенитета. Реформисты считали, что проблема биологического оружия не может быть решена только на государственном уровне [22].

В соответствии со ст. XII КБТО, через пять лет после ее вступления в силу была проведена конференция государств-участников для обзора действия конвенции. *Первая обзорная Конференция* проходила с 3 по 21 марта 1980 г. Как и ожидалось, главной темой для споров среди государств-участников, которым биологическое оружие было «не по карману», стал стандарт положений о проверке и эффективности КБТО. Было рассмотрено несколько идей по совершенствованию ст. V, но ни СССР, ни США их не поддержали [22].

¹⁹ Это право никогда не использовалось. См. Kimball D. The Biological Weapons Convention (BWC). March 2020. URL: <https://www.armscontrol.org/factsheets/bwc> (дата обращения: 15.12.2020).

²⁰ Статья I определяет «объем запрета» КБТО. Сюда входят все микробные и другие биологические агенты или токсины и средства их доставки (за исключением небольших количеств для медицинских и защитных целей). Последующие обзорные конференции подтвердили, что критерий общей цели охватывает все будущие научно-технические разработки, имеющие отношение к Конвенции. Запрещены не сами объекты (биологические агенты или токсины), а определенные цели, для которых они могут быть использованы, аналогично статье II, п. 1 КХО. Разрешенные цели в рамках КБТО определяются как профилактические, защитные и другие мирные цели. Предметы не могут быть сохранены в количествах, не имеющих обоснования или несовместимых с разрешенными целями.

На позицию США не повлиял даже так называемый «инцидент в Свердловске»²¹, в начале февраля 1980 г. шулерски «вытащенный из рукава» западногерманской газетой Bild Zeitung. С одной стороны, реформистам он наглядно продемонстрировал необходимость международной процедуры проверки соблюдения КБТО. С другой – это предполагало, что СССР будет предметом первой жалобы, последствия которой могли обрушить КБТО, при том, что никакой уверенности в реальности событий, представленных Bild Zeitung, не было [16, 23, 24]. Поэтому администрация президента США Джими Картера (англ. Jimmy Carter) в одностороннем порядке обвинила Советский Союз в нарушении КБТО, оставив «инцидент в Свердловске» «неисчерпанным» для дальнейшего давления на СССР [25].

Вторая обзорная Конференция проходила с 8 по 25 сентября 1986 г. в Женеве, когда обвинения в несоблюдении КБТО усилили напряженность между Соединенными Штатами и Советским Союзом. Теперь уже администрация Рональда Рейгана «давила» на Советский Союз обвинениями в наличии у него тайной программы биологического оружия. Государства-реформисты надеялись, что Соединенные Штаты, используя «инцидент в Свердловске», попытаются усилить механизмы проверки и соблюдения КБТО, чтобы поддерживать международное давление на Советский Союз. Более того, США должны были, в качестве крайнего средства, рассмотреть в Совете Безопасности ООН вопрос о несоблюдении Советским Союзом требований КБТО [16].

Реакция Соединенных Штатов оказалась противоположной. Их делегаты стали доказывать, что «инцидент в Свердловске» и позиция социалистических стран только лишний раз демонстрируют «невозможность ремонта» КБТО [26]. В ходе конференции американская делегация распространила текст заявления представителя Министерства обороны США и будущего «архитектора» войны в Ираке Дугласа Фейта (англ. Douglas Jay Feith), основные тезисы

которого уже были одобрены в одном из комитетов палаты представителей конгресса США. В них сильно преувеличивались современные на тот момент достижения биологии, а процесс изготовления биологического оружия сводился к выращиванию того или иного агента на питательных средах. Сознательно исключались стадии создания биологических рецептур²² и снаряжения ими боеприпасов и других средств доставки поражающих агентов к цели, требующих специального технологического оборудования, а также инженерного обеспечения мер безопасности при проведении таких работ и т.п. Такое изображение процесса изготовления бактериологического (биологического) оружия, при котором оно могло стать доступным любой микробиологической лаборатории, понадобился США для подтверждения тезиса о якобы невозможности какого-либо контроля за его производством. Эти идеи были изложены от имени американского правительства на одном из пленарных заседаний обзорной конференции [27].

В последующем вранье Фейта стало типовым приемом для обвинения Соединенными Штатами других стран в разработке и производстве биологического оружия. Примером преднамеренной профанации темы биологического оружия стала демонстрация госсекретарем США Колином Пауэллом (англ. Colin Luther Powell) на заседании Совета Безопасности ООН февраля 2003 г. флакончика с неизвестным порошком, когда он убеждал собравшихся в страшной опасности биологического оружия, и одновременно легкости, с которой его может получить в любых количествах и пустить в ход каждый желающий – начиная от террористов, и заканчивая Саддамом Хусейном. Через две недели американские войска вторглись в Ирак (рисунок 2)²³.

Хотя большинство государств согласились с тем, что существующий политический климат не допускает внесения поправок в КБТО, реформисты предложили альтернативные способы укрепления конвенции. Швеция и Нидер-

²¹ «Инцидент в Свердловске» – длившаяся более двух месяцев вспышка сибирской язвы в Свердловске весной 1979 г. среди людей и животных, якобы вызванная «утечкой спор сибирской язвы с военного объекта». Несмотря на то, что не было ни одного научного подтверждения этой версии, западными политиками и СМИ эта версия до настоящего времени используется для дискредитации СССР и России как «доказательство» нарушения ими КБТО.

²² Биологическая рецептура – многокомпонентная система, содержащая биологический агент, а также наполнители и стабилизирующие добавки, обеспечивающие повышение устойчивости микроорганизмов при хранении, диспергировании и нахождении в аэрозолированном состоянии [29].

²³ Американская мистификация доступности биологического оружия оказалась очень живучей. Например, в 1990-е гг. и в начале нулевых годов в угоду американской администрации в научной литературе распространялся миф, что впервые биологическое оружие (так писали!) было применено в 1347 г. татарским ханом Джаныбеком, катапультировавшим в генуэзскую крепость Кафу в Крыму (в настоящее время Феодосия) трупы людей, умерших от чумы. После чего разбежавшиеся генуэзцы якобы занесли чуму в Европу, где погибла треть населения. Количество статей об опасности биологического оружия, начинающихся с этого примера, не поддается подсчету.

ланды, например, предложили краткосрочные улучшения КБТО путем принятия мер по укреплению доверия, которые требовали от государств ежегодного обмена информацией, например, о центрах биологических исследований и необычных вспышках болезней. Меры доверия были приняты в окончательном тексте как добровольные и обязательные политически, но не юридически. Кроме того, государства согласовали процедуру разрешения сомнений в соблюдении требований Конвенции, названную Официальным консультативным процессом [16].

Советский Союз, ГДР и ВНР внесли предложение о безотлагательном созыве специальной конференции для выработки и принятия протокола в качестве дополнения к КБТО, в котором были бы сформулированы юридически обязательные для государств-участников процедуры контроля по жалобам, включая расследования на местах международным контрольным органом [28]. Предложение СССР было заблокировано Соединенными Штатами и их союзниками, несмотря на поддержку и одобрение подавляющего большинства других государств-участников Конференции. Вторая обзорная Конференция не достигла ничего, кроме нескольких небольших улучшений КБТО [27].

Третья обзорная Конференция проходила в Женеве с 9 по 27 сентября 1991 г. Международная ситуация к этому времени упростилась в связи с окончанием, как тогда считали, «холодной войны». Однако осложнилась проблема биологического оружия. В 1970-х гг. появилась технология генной инженерии. У апологетов биологического оружия она породила надежды на быстрое создание генетически измененных вариантов известных патогенов (более устойчивых к факторам внешней среды и антибиотикам, с измененным антигенным составом, более вирулентных и контагиозных и т.д.). Успешные переговоры по различным соглашениям о контроле над вооружениями укрепили уверенность в том, что сложные вопросы контроля над биологическим оружием могут быть доведены до приемлемого решения [22]. В 1989 г. в Великобритании появился еще один советский перебежчик, показаниями которого по военно-биологическим программам, как предполагалось, можно было сделать СССР более стоворчивым – бывший директор



Рисунок 2 – Биологическое оружие и его мистификация. А и Б – субэлемент E-120 кассетной биологической бомбы. Разработан в США в конце 1960-х гг., т.е. перед официальным окончанием программы по созданию БО в ноябре 1969 г. Оснащен барометрическим взрывателем, позволяющим осуществить его подрыв на заданной высоте (А – внешний вид бомбы. Б – поперечный разрез бомбы). Аналогичный боеприпас с химическим снаряжением обозначался как M-139 [6]. В – мистификация темы биологического оружия. Колин Пауэлл на заседании Совета Безопасности ООН 5 февраля 2003 г. (фотография с ресурса <https://www.ustkut24.ru/?p=38667>; дата обращения: 10.12.2020)

ленинградского Института особо чистых био-препаратов В.А. Пасечник (1937–2001)²⁴. Да и в самом СССР расцвело «новое мышление» – доверие к «партнерам» достигло такого уровня, что «партнерам» с мнением СССР можно было не считаться. В этих условиях многие сторонники процесса укрепления КБТО согласились с тем, что все же пришло время для юридически обязывающего протокола проверки КБТО.

Соединенные Штаты по-прежнему считали эффективную проверку КБТО невозможной, и что такой протокол создаст у госу-

²⁴ До Пасечника большие надежды ЦРУ возлагало на беглого дипломата А.Н. Шевченко (1930–1998). В 1973–1978 гг. он занимал должность заместителя Генерального секретаря ООН по политическим вопросам и делам Совета Безопасности ООН. Сбежал в США в 1978 г., но никакой ценной для ЦРУ информацией по военно-биологической программе СССР он не обладал. В 1992 г. «выбрал свободу» третий – Канаджан Алибеков, первый заместитель руководителя фармацевтического комплекса «Биопрепарат». Он выдавал себя за создателя советского биологического оружия, но американцы ему не очень верили. Максимально использовав в информационной войне против России, они его выдавили на историческую родину, в Казахстан.

дарств опасное чувство безопасности. Но такой подход снова столкнулся с позицией союзников самих Соединенных Штатов, а их мнение нельзя было игнорировать бесконечно. В итоге вопрос о том, следует ли добавлять к КБТО протокол о проверке был решен компромиссом. Государства-участники договорились о создании Специальной группы правительственных экспертов, которые должны были «определять и изучать потенциальные меры проверки с научной и технической точки зрения» – также процессом VEREX²⁵. Это ознаменовало начало десятилетия серьезной работы над протоколом проверки соблюдения КБТО [16].

Процесс VEREX (1991–2001 гг.). В мандате группы VEREX, выданном Третьей обзорной Конференцией, было указано, что группа должна определить меры, которые позволили бы установить: «разрабатывает ли государство-участник, производит, накапливает, приобретает или сохраняет микробные или другие биологические агенты или токсины, типы и в количествах, которые не имеют оправдания для профилактических, защитных или других мирных целей» и «независимо от того, разрабатывает ли государство-участник, производит, накапливает, приобретает или сохраняет оружие, оборудование или средства доставки, предназначенные для использования таких агентов, или токсины для враждебных целей, или во время вооруженного конфликта»²⁶.

Докладчики VEREX определили возможную меру проверки, которая была представлена на специальной конференции для государств-участников в сентябре 1994 г. Эти меры варьировались от многостороннего обмена информацией до инспекций на местах. Хотя большинство из этих мер следовало принимать в комплексе, группа VEREX сочла «с научной и технической точки зрения, что некоторые из потенциальных мер проверки будут способствовать повышению эффективности и улучшению выполнения Конвенция» [16].

Государства-участники КБТО одобрили предложения VEREX и поручили создать Специальную группу, открытую для всех государств-участников. Группа экспертов должна была «рассмотреть соответствующие меры, включая возможные меры проверки, и разработать предложения по усилению конвенции

для включения, при необходимости, в юридически обязательный документ, который будет представлен на рассмотрение государств-участников». Специальная группа должна была рассмотреть, в частности, следующие вопросы: система мер по обеспечению соблюдения КБТО; усиление мер по укреплению доверия и транспарентности; защита конфиденциальной коммерческой информации; законные потребности безопасности. Ее возглавил выпускник МГИМО²⁷, посол Венгрии Тибор Тот (Tibor Toth).

Работа группы началась в январе 1995 г. Всего было проведено пять заседаний. Однако эксперты не пришли к каким-либо общим выводам, на что было обращено их внимание на четвертой обзорной конференции, проходившей в Женеве с 25 ноября по 6 декабря 1996 г. От группы потребовали прийти к соглашению до пятой обзорной конференции, которая должна была состояться в декабре 2001 г. Достижение консенсуса по большинству статей Протокола затруднялось противоположными взглядами целого ряда стран. Основное противодействие оказывали главный переговорщик делегации Соединенных Штатов в Женеве Дональд Мэли (Donald Arthur Mahley; 1942–2014) и помощник государственного секретаря Эдвард Лейси (Edward J. Lacey). Оба при администрациях Рональда Рейгана (англ. Ronald Wilson Reagan; 1911–2004) и Джорджа Буша (англ. George Herbert Walker Bush; 1924–2018) занимали должности, связанные с военно-биологическими программами [16].

Во время первых переговорных встреч Специальной группы в 1995 г. и 1996 г. Соединенные Штаты не представили своей позиции по инспекциям. Это было связано с разными позициями, занятыми, с одной стороны, министерствами торговли и обороны, с другой – Государственным департаментом и Белым домом. Правительство и внешнеполитическое ведомство США подчеркивали важность создания эффективного инструмента против угрозы распространения биологического оружия. Пентагон был против международных инспекций, полагая, что собственные американские программы по защите от биологического оружия, которые являлись крупнейшими и самыми дорогостоящими во всем мире, не должны подвергаться опасности возможного иностранного

²⁵ VEREX, Ad Hoc Group, ANG: Ad Hoc Group of Governmental Experts to Identify and Examine Verification Measures from a Scientific and Technical Standpoint или Специальная группа правительственных экспертов для определения и изучения мер проверки с научно-технической точки зрения.

²⁶ Final Declaration of the Third Review Conference of the Parties to the Convention on the Prohibition of the Development, Production and Stockpiling of bacteriological (Biological) and Toxin Weapons and on their Destruction (Geneva, 1991). URL: <https://en.wikipedia.org/wiki/Verex> (дата обращения: 10.12.2020).

²⁷ Московский государственный институт международных отношений, ныне – МГИМО (У) МИД России.

шпионажа²⁸. Министерство торговли представляло интересы гражданских компаний, которые хотели защитить конфиденциальность и коммерческую информацию.

Особенно активно лоббировали провал Протокола фармацевтические компании – члены организации Pharmaceutical Research and Manufacturers of America (PhRMA)²⁹, которые были заинтересованы в предотвращении инспекций. На момент рассматриваемых событий фармацевтическая промышленность США являлась абсолютным мировым лидером в области биомедицинских исследований, проводя 80 % мировых исследований и разработок в области биотехнологий. В результате им принадлежали права интеллектуальной собственности на большинство новых лекарств, приносящих большие доходы [30]. Из-за своей зависимости от патентов фармацевтическая промышленность США работала тогда и сейчас работает в очень секретной среде и опасается, что прозрачность, предписанная КБТО, приведет к крупным убыткам для отрасли [31]³⁰.

Сильное давление PhRMA на Вашингтон серьезно повлияло на позицию Соединенных Штатов на переговорах по тем статьям Протокола, которые касались деклараций и инспекций, поскольку делегация Соединенных Штатов настаивала на «значительном ослаблении изначальной цели прозрачности этой деятельности». Большинство же западных союзников США выступали за систему проверки,

при которой ежегодные декларации о военных и гражданских объектах, способных производить биологическое оружие, проверялись бы посредством инспекций на местах [16]³¹.

Подход Соединенных Штатов к оспариванию расследований, которые могли проводиться тем или иным государством требований КБТО, также отличался от подхода большинства сторон Западной группы (т.е. союзников США по НАТО). Большинство государств поддерживало подход «красного света» («red light»), который также использовался КХО. Согласно этой процедуре, требуется большинство в три четверти голосов³² для прекращения расследования. Однако Соединенные Штаты предложили использовать так называемый подход «зеленого света» («green light»), который требует простого большинства голосов [32].

Пятая обзорная Конференция приближалась, но споры в Специальной группе не заканчивались. Против США были их союзники – государства-члены Европейского Союза. У них тоже есть фармацевтическая промышленность, но проверки того, чем в действительности занимаются на некоторых предприятиях, они не боялись. В период с 1995 по 2001 г. Специальная группа провела 24 заседания. В июле 1997 г. она согласовала первый проект Протокола, так называемый Переходящий текст, который устанавливал систему проверки, поддерживаемую международной организацией по

²⁸ Это весьма странная позиция, позволяющая усомниться в защитном характере американских военно-биологических программ. Если сопоставить их масштаб с достигнутыми результатами по защите от биологического оружия, то остаются вопросы по поводу того, куда направлялись все эти усилия. У США ни тогда, ни сейчас нет эффективных вакцин против основных поражающих агентов биологического оружия – возбудителей чумы, сибирской язвы, туляремии и ряда других. В СССР такие вакцины были разработаны еще в 1940–1950-е гг. Во время биотеррористической атаки осенью 2001 г. для лечения больных с ингаляционной сибирской язвой у американских врачей не было специальных схем. Ими использовались обычные антибиотики из аптек, оптимальные сочетания и дозировки которых подбирались уже ходе лечения методом проб и ошибок.

²⁹ Pharmaceutical Research and Manufacturers of America. URL: https://en.wikipedia.org/wiki/Pharmaceutical_Research_and_Manufacturers_of_America (дата обращения: 20.12.2020).

³⁰ Федеральные расходы в Соединенных Штатах в 1994 г. на всю область биотехнологии составили около 4 млрд долл. В том же году частный сектор инвестировал около 7 млрд долл. Даже это соотношение затрат показывает, что правительство США было вынуждено считаться с PhRMA. См. The Military Critical Technologies List. Part II: Weapons of mass destruction technologies. February 1998. Office of the Under Secretary of Defense for Acquisition and Technology. Washington, D.C. <https://fas.org/irp/threat/mct198-2/mct198-2.pdf>.

³¹ Как показывает опыт нашей делегации, США не против проверок вообще. Они очень желали проверить наши объекты в одностороннем порядке. Однако мы настаивали, что проверки объектов должны вестись на взаимной основе: два их объекта, два наших объекта и т.д. Еще мы настаивали на проверке их объектов, находящихся за пределами территории США. Почему-то именно последнее предложение вызвало возмущение «партнеров». Я думаю, что нежелание военного ведомства США дать возможность осуществлять проверку таких объектов сыграло не меньшую роль в провале Протокола, чем давление со стороны фармкомпаний. В настоящее время Российская Федерация окружена с юга и запада военно-биологическими центрами США (С.В. Петров).

³² См. КХО Статья IX, п. 17. «Не позднее чем через 12 ч после получения запроса на инспекцию Исполнительный совет может большинством в три четверти голосов всех его членов принять решение о не проведении инспекции по запросу, если он сочтет, что запрос на инспекцию является надуманным, недобросовестным или явно выходящим за рамки настоящей Конвенции, как это указано в пункте 8». URL: https://www.un.org/ru/documents/decl_conv/conventions/chemweapons.shtml (дата обращения: 20.12.2020).

запрещению биологического оружия. Предполагалось, что эта организация будет регулярно посещать заявленные биологические объекты, а также расследовать конкретные подозрительные объекты и деятельность. Китай, Куба, Индия, Иран, Пакистан и Россия поддержали Переходящий текст, как единственную основу для переговоров. Однако государства разошлись во мнениях по ряду фундаментальных вопросов, включая объем посещений на местах и экспортный контроль. К началу 2001 г. Переходящий текст проекта протокола все еще содержал много статей, по которым мнения сильно разошлись.

У посла Тода кончилось терпение. В ходе 22-й сессии Специальной группы в феврале 2001 г. он провел серию двусторонних консультаций с делегатами государств-участников, сосредоточив внимание на тех вопросах, по которым существовали концептуальные расхождения во взглядах, например, об уровне вмешательства, возможных проверках или объемах требуемых деклараций. Это привело к составлению Тодом Сводного текста протокола объемом 210 страниц³³, который был представлен на 23-й сессии в марте 2001 г.

Среди мер, предложенных в Сводном тексте для усиления конвенции, были предложены: учреждение постоянной организации для наблюдения за выполнением КБТО; проведение случайно выбранных посещений заявленных объектов для обеспечения прозрачности; возможность расследовать нарушения конвенции. Чтобы не допустить озабоченности США по поводу того, что их объекты будут подвергнуты «необоснованным» запросам о расследовании, составной текст принял более слабый подход «зеленого света» для тех запросов, которые касаются территории другого государства-участника³⁴. Это сделало крайне маловероятным проведение инспекций по запросу [16]. В ходе этих дискуссий представи-

тели Соединенных Штатов хранили молчание о своей позиции по Протоколу [33].

США блокируют Протокол³⁵. Попытки разработать Протокол проверки для КБТО внезапно закончились в июле 2001 г. в ходе 24-й сессии Специальной группы. После того, как большинство присутствующих государств-участников, включая всех основных участников, заявили в своих пленарных заявлениях в первые два дня о своем согласии положить Сводный текст в основу политических решений о принятии Протокола, на третий день сессии посол Дональд Мэли шокировал делегатов, заявив, что США не могут поддержать текущий текст, даже с изменениями: во-первых, Соединенные Штаты не считали, что проект Протокола улучшит возможность проверки соблюдения КБТО и не повысит уверенность США в ее соблюдении; во-вторых, Соединенные Штаты считают, что проект протокола поставит под угрозу национальную безопасность и конфиденциальную деловую информацию³⁶.

После провала 24-й сессии Специальной группы многие государства-участники все еще надеялись, что процесс по укреплению КБТО будет продолжен во время *Пятой обзорной конференции* в декабре 2001 г. Террористические атаки 11 сентября 2001 г и биотеррористические атаки, произошедшие в том же месяце в США, подчеркнули необходимость более строгого режима контроля над биологическим оружием. Однако заместитель госсекретаря по контролю за вооружениями и международной безопасности Джон Болтон (англ. John Robert Bolton II) в неожиданной речи на обзорной конференции потребовал прекращения мандата Специальной группы на переговоры по Протоколу³⁷. По сути Болтон, вопреки мнению традиционных союзников США, сорвал контроль над биологическим оружием³⁸. Обзорную Конференцию пришлось отложить на год. Без поддержки со стороны Соединенных

³³ Полное название – Protocol to the Convention on the prohibition of the development, production and stockpiling of bacteriological (biological) and toxin weapons and on their destruction. URL: <https://undocs.org/ru/BWC/AD%20HOC%20GROUP/CRP.8> (дата обращения: 02.01.2021).

³⁴ См. United Nations, Protocol... Article 9. INVESTIGATIONS. 3. (b) Investigations of alleged breaches of obligations under Article I of the Convention, to be conducted inside the perimeter around a particular facility at which there is a substantive basis for a concern that it is involved in activities prohibited by Article I of the Convention, hereinafter referred to as «facility investigations». 23. e) In the case of a request for a facility investigation, an investigation shall only proceed if formally approved by the Executive Council within 24 hours after being informed by the Director-General by a simple majority of its members present and voting.

³⁵ «Be prepared to pull the carpet from under everyone's feet» – фраза голландского дипломата, характеризующая отказ США от Протокола на 23-й сессии Специальной группы [16].

³⁶ Mahley D. Statement by the United States to the Ad Hoc Group of Biological Weapons Convention State Parties, Geneva. 25 July 2001. URL: <https://2001-2009.state.gov/t/ac/rls/rm/2001/5497.htm> (дата обращения: 19.12.2020).

³⁷ Позиция Дж. Болтона в отношении международного права представлена в его работах [34, 35]. Ее смысл в том, что международное право используется для ограничения возможностей США.

³⁸ Slavin B., Nichols B. Bolton a guided missile // USA TODAY. Posted 11/30/2003 6:29. URL: https://usatoday30.usatoday.com/news/washington/2003-11-30-bolton-usat_x.htm (дата обращения: 19.12.2020).

Штатов многие другие государства не хотели продолжать дебаты. Переговоры по Протоколу провалились³⁹. Их участникам стало очевидно, что в условиях отсутствия международной организации по укреплению КБТО ее функции взяли на себя США с правом определять, кто нарушает КБТО, а кто нет⁴⁰.

Составной текст Протокола. Составной текст устанавливает общие положения; определения терминов (всего 24 термина)⁴¹; перечни агентов и токсинов; перечни оборудования, которое присутствует или используется на производственном объекте; пороговые количества биологических агентов, предназначенных для оценки средств и методов защиты от бактериологического (биологического) и токсинного оружия.

Основные принципы, на которых строился режим проверки, в целом совпадали с КХО: объявления, то есть базовая информация о соответствующих возможностях каждого государства-участника; посещения, в ходе которых должна была оцениваться достоверность объявлений; расследования, в ходе которых должны проверяться утверждения о несоблюдении или предполагаемом несоблюдении Конвенции кем-либо из ее участников.

Режим проверки должен был находиться под контролем специальной международной структуры – Организации по запрещению бактериологического (биологического) и токсинного оружия (ОЗБО, англ. Organisation for the Prohibition of Bacteriological (Biological) and Toxin Weapons, OPBW). Заявки на размещение Организации были получены от правительств Нидерландов и Швейцарии, хотя VEREX тогда еще не приняла окончательного решения.

ОЗБО должна была состоять из трех основных органов: Конференции государств-участников – основного директивного органа; Исполнительного совета, контролировавшего повседневное выполнение Протокола и Технического секретариата – для оказания помощи

государствам-участникам в реализации Протокола, обслуживания директивного органа, а также для организации и проведения посещений и расследований.

Годовой бюджет организации закладывался в размере около 30 млн долларов США (по курсу 2000 г.), что примерно вдвое меньше, чем у ОЗХО.

Предполагалось, что в ОЗБО будет поступать информация, которую государства-участники считали конфиденциальной либо по причинам национальной безопасности, либо по коммерческим соображениям. Поэтому предполагался ряд мер по защите такой информации. Они были построены по образцу положений КХО, но являлись еще более строгими.

После Протокола. После выхода США из переговоров международный процесс укрепления КБТО угасал с каждой обзорной конференцией. В основном они давали «дополнительные понимания», содержащиеся в Заключительных декларациях⁴².

По итогам *шестой обзорной Конференции*, состоявшейся в 2006 г., был подготовлен заключительный документ, в котором отмечается, что встречи «функционировали как важный форум для обмена национальным опытом и углубленных дискуссий между государствами-участниками» и что они «породили большее общее понимание по поводу шагов, которые необходимо предпринять для дальнейшего усиления осуществления Конвенции».

Седьмая обзорная конференция проходила в Женеве с 5 по 22 декабря 2011 г. Документ Заключительной декларации подтвердил, что «при любых обстоятельствах использование бактериологического (биологического) и токсинного оружия фактически запрещено КБТО» и «решимость государств-участников осудить любое использование биологических агентов или токсинов, кроме мирных, кем-либо в любое время».

Восьмая обзорная конференция по КБТО, состоявшаяся в Женеве в ноябре 2016 г., при-

³⁹ Whitehair R., Brugger S. BWC Protocol Talks in Geneva Collapse Following US Rejection // Arms Control Association (September 2001). URL: http://www.armscontrol.org/act/2001_09/bwcsept01 (дата обращения: 19.12.2020).

⁴⁰ В отчете о соблюдении КБТО за 2017 г. Соединенные Штаты указали, что Россия – единственное государство, у которого есть нерешенные проблемы с соблюдением КБТО. URL: <https://www.armscontrol.org/factsheets/bwc> (дата обращения: 20.12.2020).

⁴¹ Некоторые делегации возражали против любого определения ключевых терминов, содержащихся в Протоколе. Особое неприятие вызывали определения таких терминов как «бактериологическое (биологическое) и токсинное оружие», «враждебные цели» и «цели, не запрещенные конвенцией». Формально они были обеспокоены тем, что любое определение этих терминов может подорвать «критерий общей цели» [32]. В действительности, размытость терминов позволяла бы как обвинять в нарушении КБТО любые страны, так и уходить от таких обвинений. Поэтому наша делегация получила указание включить в итоговый документ такие термины. Кроме того, в 42 НИИБ МО РФ был разработан глоссарий, которым должны были пользоваться наши эксперты во время переговоров по Протоколу (С.В. Петров).

⁴² Biological Weapons Convention. URL: https://en.wikipedia.org/wiki/Biological_Weapons_Convention#Review_Conferences (дата обращения: 19.12.2020).

няла заключительный документ, перекликавшийся с заключительным документом *седьмой обзорной конференции*. В то время как западные страны хотели найти способы реагирования на быстро прогрессирующие изменения в технологиях, большинство стран-участниц, включая Иран и некоторые государства Движения неприсоединения, рассматривали результаты как упущенную возможность для продвижения мер по укреплению юридически обязательного соглашения по запрещению разработки биологических агентов. Эти страны требовали продолжения переговоров, чтобы возобновить усилия по принятию Протокола КБТО.

Девятая обзорная конференция состоится в Женеве в конце 2021 г. на фоне пандемии COVID-19 и финансовых трудностей. По состоянию на 31 июля 2019 г. общая непогашенная задолженность стран-участников КБТО, распределенная между 95 странами, составляет 251382,46 долларов США. Непогашенная задолженность 34 стран составляет менее 100 долларов, а еще 43 страны – менее 1 тыс. долларов. У Бразилии был самый высокий непогашенный долг – 110948,23 доллара, а у Венесуэлы – второй по величине долг – 51272,91 доллара⁴³.

«Угасание» процесса укрепления КБТО не сопровождалось снижением биологической опасности, исходящей от новых биотехнологий двойного назначения (соматическая генная терапия, синтетическая биология, генный дизайн, болезни с измененным хозяином и др.), открывших возможности для разработки принципиально новых средств биологического поражения, каких не было ни в конце 1960-х гг., когда разрабатывалась КБТО, ни даже в 1990-х гг., когда пытались ее усилить⁴⁴.

Попытки полного запрета биологического оружия и контроля над его распространением, предпринимавшиеся с 1925 г., в 2001 г. по желанию только одной страны – США, закончились ничем. Осознание своей исключительности позволило им пренебречь результатами почти десятилетней работы экспертов ООН по укреплению КБТО, а также мнением своих

ближайших союзников из ЕС и НАТО. Позиция Российской Федерации в решении проблемы проверки соблюдения КБТО была менее значимой, чем позиция СССР при разработке самой конвенции. Это было связано с экономической и военной слабостью России в те годы, а также с ее мягкой внешней политикой, которая основывалась на доверии к западным «партнерам». Отсутствие возможности инспекций объектов, чья деятельность могла быть связана с разработкой биологического оружия и принципиально новых средств биологического поражения, облегчила США окружение России по ее западным и южным границам военно-биологическими центрами. При этом агрессивность обвинений Российской Федерации в нарушении конвенций по запрещению биологического и химического оружия значительно возросла, а распространяемая ложь стала еще более беспринципной, чем во время работы над Протоколом. Такая ситуация далеко не безопасна для Российской Федерации. Биологическая война может принять совершенно иные формы, чем те, которые предполагали разработчики КБТО. До сих пор не установлено происхождение коронавируса, вызвавшего пандемию COVID-19, нет однозначного понимания причин роста общей смертности российского населения при снижении рождаемости. В то же время постоянные обвинения в применении Россией ОМУ на территориях других стран (Великобритания – отравление Скрипалей; Германия – отравление Алексея Навального) формируют из России образ врага, против которого не только можно, но и нужно применить ядерное оружие. Поэтому нынешнюю ситуацию с контролем над биологическим оружием нельзя пускать на самотек. Должны быть разработаны меры по укреплению КБТО, учитывающие новые фундаментальные изменения в биотехнологиях двойного назначения. При этом надо учитывать, что разработанный в 1990-х гг. Протокол уже устарел, начиная с его терминологической основы.

⁴³ Biological Weapons Convention. URL: https://wikichi.ru/wiki/Biological_Weapons_Convention#Payment_issues (дата обращения: 20.12.2021).

⁴⁴ Такие технологии на настоящий момент времени подробно рассмотрены в предыдущем номере журнала в статье словацкого исследователя Яна Лакоты [36].

Информация о конфликте интересов

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

Сведения о рецензировании

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

Список источников / References

1. Пунжин С.М. Химическое оружие и международное право. М. 2009.
Punzhin S.M. Chemical Weapons and International Law. Moscow. 2009 (in Russian).
2. Шило Н.И. Первые попытки запрещения химического оружия // Вестник войск РХБ защиты. 2018. Т. 2. № 1. С. 48–69. <https://doi.org/10.35825/2587-5728-2018-2-1-48-69>
- Shilo N.I. First attempts to ban chemical weapons // Journal of NBC Protection Corps. 2018. V. 2. № 1. P. 48–69. <https://doi.org/10.35825/2587-5728-2018-2-1-48-69> (in Russian).
3. Ключников Ю.В., Сабанин А.В. Международная политика новейшего времени в договорах, нотах и декларациях. Ч. II. От империалистической войны до снятия блокады с Советской России. М. 1926.
Klyuchnikov Yu.V., Sabanin A.V. Modern international politics in treaties, notes and declarations. Part II. From the imperialist war to the lifting of the blockade from Soviet Russia. M. 1926 (in Russian).
4. Ганглиан Р., Бергендорф Ф. Химическое нападение и оборона. М. 1925.
Ganslian R., Bergendorf F. Chemical attack and defense. M. 1925 (in Russian).
5. The Problem of Chemical and Biological Warfare. Vol. IV. CB Disarmament Negotiations, 1920–1970. Stockholm. 1971. P. 58–71.
6. Medical aspects of chemical and biological warfare / Eds. Sidell F.R., Tafuqi E.T., Franz D.R. Washington. 1997.
7. Riedel S. Biological warfare and bioterrorism: a historical review // Proc (Bayl Univ Med Cent). 2004. V. 17. № 4. P. 400–406. doi: 10.1080/08998280.2004.11928002
8. Звонарев К.К. Агентурная разведка. М. 2005.
Zvonarev K.K. Intelligence. M. 2005 (in Russian).
9. Марценак. Бактериологическое оружие в современной войне // Советская ветеринария. 1935. № 4. С. 88–90; № 5. С. 92–95.
- Martsenak. Bacteriological weapons in modern warfare // Soviet veterinary medicine. 1935. № 4. P. 88–90; No. 5. P. 92–95 (in Russian).
10. Дробинский И.Р. Проблема бактериальной войны и противобактериальная защита // Труды Украинского Мечниковского института. 1940. Т. VI. С. 87–123.
- Drobinsky I.R. The problem of bacterial warfare and antibacterial protection // Proceedings of the Ukrainian Mechnikovsky Institute. 1940. V. VI. P. 87–123 (in Russian).
11. Hersh S. Chemical and Biological Warfare. America's Hidden Arsenal. New-York: The Bobbs-Merrill Company Indianapolis, 1967.
12. Powell Th. Biological warfare in the Korean War: allegations and cover-up // Socialism and Democracy. 2017. V. 31. № 1. P. 23–42. <https://doi.org/10.1080/08854300.2016.1265859>
13. Report on U.S. Crimes in Korea. 31st March 1952. International Association of Democratic Lawyers. https://web.archive.org/web/20131002045226/http://www.uwpep.org/Index/Resources_files/Crime_Reports_1.pdf (дата обращения: 29.07.2020).
14. Report of the international scientific commission for the investigation of the facts concerning bacterial warfare in Korea and China / Ed. Needham J. Peking. 1952.
15. Ellis J. Biological warfare allegations: the Korean War case // Ann. New York Acad. Sci. 1989. P. 53–83.
16. Schmelzer C. Ambivalent Multilateralism. The United States and the Biological Weapons Convention. MA Thesis American Studies. 2013.
17. Koblenz G. Living Weapons: Biological Warfare and International Security. Ithaca and London: Cornell University Press, 2009.
18. Пермяков Г.Г. Император Пу И. Пять лет вместе // Рубеж. 2003. № 4. С. 279–308.
Permyakov G.G. Emperor Pu I. Five years together // Rubezh. 2003. No. 4. P. 279–308 (in Russian).
19. Chevrier M.I. «The Politics of Biological Disarmament» in Deadly Cultures: Biological Weapons Since 1945 / Eds. Wheelis M., Rózsa L., Dando M. Cambridge MA and London, England: Harvard University Press, 2006.
20. Goldblat J. Arms Control: A Guide to Negotiations and Agreements. London. 1994. <https://www.monde-diplomatique.fr/1994/05/A/45981> (дата обращения: 12.12.2021).
21. Myrdal A. The Game of Disarmament: How the United States and Russia Run the Arms Race. Nottingham: Spokesman, 1980.
22. Littlewood J. The Biological Weapons Convention: A Failed Evolution. Hampshire: Ashgate, 2005.
23. Ember L. Soviet anthrax dispute: details of 1979 outbreak presented // Chem. Eng. News. 1988. V. 66. № 16. 4–5.
24. Soviet biowarfare efforts cited by Pentagon // Science. 1985. V. 228. № 4701. P. 828.
25. Robinson J.P. East–West Fencing at Geneva // Nature. 1980. V. 284. P. 393.
26. Haar B. The Future of Biological Weapons. Santa Barbara: Praeger, 1991.
27. Акимов П. США нарушают биологическую конвенцию // Зарубежное военное обозрение. 1987. № 3. С. 15–18.
- Akimov P. USA violate the biological convention // Foreign military review. 1987. No. 3. P. 15–18 (in Russian).
28. Rosenberg B.H. Updating the biological weapons ban // Bull. Atomic Sci. 1987. V. 43. № 1. P. 40–43.
29. Справочник терминов и определений по противохимической и биологической защите населения / Под ред. Гладких В.Д., Назарова В.Б. М. 2016.
Chemical and biological defence glossary / Eds. Gladkikh V.D., Nazarov V.B. Moscow. 2016 (in Russian).
30. Thränert O. The Compliance Protocol and the Three Depositary Powers // In: Biological Warfare and Disarmament: New Problems and Perspectives. Ed. Susan

Wright. New Delhi: Vision Books, 2003. P. 345–345.

31. Wright S., Wallace D. Secrecy in the Biotechnology Industry: Implications for the Biological Weapons Convention in Biological Warfare and Disarmament // In: Biological Warfare and Disarmament: New Problems and Perspectives. Ed. Susan Wright. New Delhi: Vision Books, 2003. P. 369–390.

32. Chevrier M. The Biological Weapons Convention: The Protocol that Almost Was // In: Verification Yearbook. London: VERTIC, 2001. P. 79–97. <https://www.semanticscholar.org/paper/The-Biological-Weapons-Convention%3A-the-protocol-was-Chevrier/0ada91aae7318200060913cc22bfc9a9b7dfd338>

33. van der Bruggen K., Haar B. The Future of Biological Weapons Revisited: A Concise History of

the Biological and Toxin Weapons Convention. The Hague: Netherlands Institute of International Relations Clingendael, 2011.

34. Bolton J. Should we take global governance seriously? // Chicago J. International Law. 2000 № 2. P. 205–222. URL. https://www.iatp.org/sites/default/files/Should_We_Take_Global_Governance_Seriously.htm (дата обращения: 19.12.2020).

35. Bolton J. Surrender is Not an Option: Defending America at the United Nations. New York: Threshold Editions, 2007.

36. Lakota Ján. Today's biothreats – where the past predictions meet the future // Journal of NBC Protection Corps. 2020. V. 4. № 4. P. 421–440. <https://doi.org/10.35825/2587-5728-2020-4-4-421-430>

Об авторах

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

Петров Станислав Вениаминович. Главный научный сотрудник, д-р техн. наук.

Супотницкий Михаил Васильевич. Главный специалист, канд. биол. наук, ст. науч. сотр.

Контактная информация для всех авторов: 27nc_1@mil.ru

Контактное лицо: Супотницкий Михаил Васильевич; 27nc_1@mil.ru

Protocol to the Convention on the Prohibition of Bacteriological (Biological) Weapons – History, Main Provisions, Significance and Reasons for Not Signing

S.V. Petrov, M.V. Supotnitskiy

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

Received 30 January 2021. Accepted for publication 20 March 2021

The Convention on the Prohibition of the Development, Production and Stockpiling of Bacteriological (Biological) and Toxin Weapons and on Their Destruction (BTWC) does not have a legally binding verification regime. An attempt by the Ad Hoc Group of Experts, created by the UN Committee on Disarmament, to strengthen the BTWC by developing a legally binding document – the Protocol, was blocked by the United States in July 2001. The purpose of this work is to study the history, main provisions, significance and reasons for not signing the Protocol to the BTWC. The attention is paid to the events in biological weapons control, which have led a number of countries to the understanding of the necessity to develop the Protocol. The background of the US actions to block this document is the subject of special consideration. During the Second Review Conference on the Implementation of the Convention (8–25 September 1986, Geneva) the USSR, the German Democratic Republic and the Hungarian People's Republic proposed to develop and adopt the Protocol as an addition to the BTWC. This document was supposed to establish general provisions, definitions of terms, lists of agents and toxins, lists of equipment that was present or used at production facilities, threshold quantities of biological agents designed to assess means and methods of protection. The proposed verification mechanism was based on three «pillars»: initial declarations with the basic information about the capabilities of each State Party; inspections to assess the reliability of the declarations; investigations to verify and confirm or not confirm the alleged non-compliance with the Convention. The verification regime was to be under the control of an international organization – the Organization for the Prohibition of Bacteriological (Biological) and Toxin Weapons. However, the

US military and pharmaceutical companies opposed the idea of international inspections. The then US Undersecretary of State for Arms Control and International Security, John Robert Bolton II, played a special role in blocking the Protocol. During the Fifth Review Conference in December 2001, he demanded the termination of the Ad Hoc Group of Experts mandate for negotiations under the pretext that any international agreement would constrain US actions. The current situation with biological weapons control should not be left to chance. Measures to strengthen the BTWC should be developed, taking into account the new fundamental changes in dual-use biotechnology. It should be borne in mind, that the Protocol, developed in the 1990s, is outdated nowadays.

Keywords: : bacterial war; biological war; biological weapons; protocol; the convention on the prohibition of the development, production and stockpiling of bacteriological (biological) and toxin weapons and on their destruction; disarmament.

For citation: Supotnitskiy M.V. Protocol to the Convention on the Prohibition of Bacteriological (Biological) Weapons – History, Main Provisions, Significance and Reasons for Not Signing // *Journal of NBC Protection Corps*. 2021. V. 5. № 1. P. 4–21. <https://doi.org/10.35825/2587-5728-2021-5-1-4-21>

Conflict of interest statement

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

Peer review information

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

References

See P. 19–20.

Authors

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

Stanislav Veniaminovich Petrov. Chief Researcher of the Centre. Doctor of Technical Sciences.

Mikhail Vasilyevich Supotnitskiy. Senior Researcher. Chief Specialist. Candidate of Biological Sciences.

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

Contact person: Mikhail Vasilievich Supotnitskiy; 27nc_1@mil.ru

Ферменты и их формы, используемые для обнаружения фосфорорганических соединений

© КОЛЛЕКТИВ АВТОРОВ, 2021

УДК 543.94:[623.459; 504.054]

<https://doi.org/10.35825/2587-5728-2021-5-1-22-41>

И.В. Лягин, Е.Н. Ефременко

Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова,
Химический факультет, 119991, Российская Федерация,
г. Москва, Ленинские горы, д. 1, стр. 3

Поступила 20.01.2021 г. Принята к публикации 20.03.2021 г.

Ферменты способны эффективно взаимодействовать с различными фосфорорганическими соединениями (ФОС), вступая с ними в (био)химические реакции. Изменение исходной активности ферментов в результате их ингибирования ФОС, образование продуктов деструкции ФОС под действием гидролитических ферментов и пр. могут быть определены с использованием разных физико-химических методов и использованы в биоаналитических системах для определения концентраций ФОС. Цель обзора – анализ основных научных результатов, достигнутых за последние 10 лет в развитии аналитических систем на основе ферментов, статья предназначена для разработчиков детекторов ФОС. Показано, что требования к чувствительности биосенсоров исходят из норм содержания анализируемых веществ, детектируемых в/на объектах, подлежащих обязательному контролю. Основой для разработки наибольшего числа ультрачувствительных биосенсоров являются холинэстеразы, хотя и другие ферменты также могут успешно использоваться в роли биочувствительного элемента. Наиболее технологичным решением, приближенным к практическому внедрению, можно считать биоаналитические системы, использующие иммобилизованные ферменты. Улучшение пределов обнаружения ФОС может быть достигнуто за счет использования нанообъектов вкупе с современными методами регистрации сигнала, например, с наномеханическими детекторами и преобразователями сигнала. Это сочетание технических решений обеспечивает чувствительность анализа ФОС вплоть до пг/л. Существенное развитие в настоящее время получили «безреагентные» системы, ставшие основой для производства большого числа коммерчески доступных «стрипов» (тест-полосок) для экспрессного определения ФОС. Современные запросы стимулируют бурное развитие портативных и особенно «мобильных, портативных» биосенсоров, способных закрепляться, в том числе, на одежде. Прогресс, достигнутый в области создания аффинных аминокислотных последовательностей, в перспективе позволит создавать ферментные биосенсоры на любой поверхности.

Ключевые слова: ацетилхолинэстераза; биочувствительный элемент; бутирилхолинэстераза; пестициды; гидролиз; иммобилизация; ингибирование; мутагенность; нейротоксичность; онкогенность; органофосфатгидролаза; фермент; фосфорорганические соединения; чувствительность анализа.

Библиографическое описание: Лягин И.В., Ефременко Е.Н. Ферменты и их формы, используемые для обнаружения фосфорорганических соединений // Вестник войск РХБ защиты. 2021. Т. 5. № 1. С. 22–41. <https://doi.org/10.35825/2587-5728-2021-5-1-22-41>

Пестициды активно применяются в сельском хозяйстве, поскольку это позволяет поддерживать высокий уровень производства целевой продукции. Использование пестицидов

в мировом сельскохозяйственном производстве ежегодно составляет порядка 4,3 млн т [1]. Более 60 % – фосфорорганические соединения (ФОС), большую часть из них составляют фун-

гициды и гербициды [2]. Накопление пестицидов в объектах окружающей среды приводит к ряду негативных последствий для здоровья людей, обусловленных их мутагенностью, нейротоксичностью и онкогенностью. Среди вредителей растений распространяется устойчивость к длительно используемым химическим средствам защиты, что заставляет хозяйства увеличивать частоту их применения или комбинировать разные пестициды, осуществляя их одновременное введение в максимально допустимых концентрациях. Биоаккумуляция пестицидов в экосистемах в силу их гидрофобности и проявления кумулятивного эффекта делают необходимым разработку способов высокочувствительного определения и тщательного контроля присутствия ФОС в самых разнообразных объектах.

Для лабораторных исследований ФОС общеприняты и широко распространены хроматографические, спектрометрические и электрохимические методы анализа [3], однако они не позволяют проводить определение ФОС *in situ*. Эту задачу решают биосенсоры¹ [4, 5]. Среди них наиболее эффективны биосенсоры, использующие ферменты в качестве биочувствительных элементов [6, 7] (рисунок 1). ФОС способны по-разному взаимодействовать с ферментами и могут быть как ингибиторами, так и субстратами для них [2, 9]. Для гарантированного внедрения в практику такие биосенсоры должны обеспечивать экспрессность анализа, его селективность и эффективность, то есть быть пригодными для количественного определения ФОС. Влияние на них различных нецелевых веществ, содержащихся в анализируемых образцах [8], должно быть сведено к минимуму.

Цель обзора – анализ основных научных результатов, достигнутых за последние 10 лет в развитии аналитических систем на основе ферментов, предназначенных для определения ФОС.

Особое внимание при подготовке обзора уделено новым научным идеям, реализованным в междисциплинарных исследованиях. В данной статье не рассматривались иммуноферментные методы анализа [10], аналитические системы на основе аптамеров [11] и молекулярно импринтированных полимеров [12].

Принцип действия ферментов, используемых для определения пестицидов. Требования к чувствительности биосенсоров исходят из норм содержания пестицидов, детектиру-



Рисунок 1 – Примеры некоторых биоаналитических систем на основе ферментов для определения ФОС (схема авторов, составлена на основе рисунков и фотографий, находящихся в свободном доступе в сети «Интернет»)

емых в/на объектах, подлежащих обязательному контролю (таблица 1).

Для достижения приемлемо высоких эксплуатационных характеристик может варьироваться как применяемый биочувствительный элемент (фермент), так и метод усиления и регистрации аналитического сигнала. Удачная комбинация этих составных элементов (биочувствительной, усиливающей и регистрирующей) биосенсоров позволяет достичь очень высокой чувствительности таких аналитических систем (до нг/л и даже лучше). Причем в настоящее время стала возможной разработка ферментных биосенсоров, ориентированных на конкретные аналитические задачи, что достигается благодаря использованию современных физико-химических методов исследований и накопленных эмпирических данных. Ряд таких биосенсоров уже сегодня коммерчески доступен, и интерес к ним у потенциальных потребителей только повышается.

Токсичность для человека и животных пестицидов обуславливается их способностью к инаktivации разных ферментов из различных

¹ Биосенсор (по определению ИЮПАК) – это прибор (или метод), который использует специфичные биохимические реакции, опосредованные отдельными ферментами, иммуносистемами, тканями, органеллами или целыми клетками, чтобы детектировать химические соединения, обычно с помощью электрических, термальных или оптических сигналов.

Таблица 1 – Примеры некоторых фосфорорганических пестицидов и нормы их содержания в пищевых продуктах

Пестицид*	Структурная формула	Допустимый уровень содержания**, мг/кг	Допустимый уровень потребления**, мкг/сут/кг
Глифосат		0,05–15	0–1000
Глюфосинат		0,02–3	0–10
Диазинон		0,01–2	0–5
Кадусафос		0,01	0–0,5
Малатион		0,01–13	0–300
Метилпаратион		0,05–5	3
Фенамифос		0,005–0,05	0–0,8
Хлорпирифос		0,01–20	0–10
Этефон		0,01–7	0–50
Этопрофос		0,01–0,2	0–0,4

* Глифосат (N-(фосфометил)-глицин), глюфосинат (2-амино-4-(метилфосфин)бутановая кислота), диазинон (O,O-диэтил-O-(2-изопропил-6-метилпиримидин-4-ил) тиофосфат), кадусафос (S,S-диизобутил-O-этилдитиофосфат), малатион (O,O-диметил-S-(1,2-дикарбэтоксиэтил) дитиофосфат), метилпаратион (O,O-диметил-O-(4-нитрофенил) тиофосфат), фенамифос (N-изопропиламида-O-(3-метил-4-метилтиофенил)-O-этилфосфат), хлорпирифос (O,O-диэтил-O-(3,5,6-трихлорпиримидин-2-ил) тиофосфат), этефон (2-хлорэтилфосфоновая кислота), этопрофос (S,S-дипропил-O-этилдитиофосфат)

** Указаны диапазоны, отражающие максимальные уровни ФОС в различных пищевых продуктах, согласно Кодексу Алиментариус ФАО/ВОЗ (<http://www.fao.org/fao-who-codexalimentarius>). Дата обращения: 10.12.2020)

биологических источников [2, 9, 13]. Используя современные подходы к рациональному дизайну ферментов, становится возможным создание ферментных биосенсоров под конкретные задачи, например, путем точечных химических модификаций молекулы белка, за счет его дополнительной стабилизации и т.д.

Все ФОС в той или иной степени ингибируют ацетил- (AChE) и бутирилхолинэстеразы (BChE). Оба этих фермента содержат в своем активном центре аминокислотный остаток серина (рисунок 2А), являющийся ключевым для проявления ими каталитической активности в отношении ацетил- и бутирилхолина. Фосфорилирование данного остатка под действием ФОС приводит к практически необратимому ингибированию этих ферментов. Как следствие этого, по снижению ферментной активности в результате контакта с аналитом, содержащим пестицид(ы), представляется возможным с высокой чувствительностью детектировать эти ингибиторы, так как в данном случае один и тот же фермент выступает в качестве чувствительного элемента и усилителя сигнала.

Современные микро- и наномеханические приборы позволяют даже обойтись без подобного усиления сигнала за счет регистрирования непосредственного взаимодействия фермента и ингибитора. Высокая аффинность связывания холинэстераз с ФОС вкупе с высокочувствительными методами определения их ферментативной активности позволяет определять крайне низкие концентрации ингибиторов, что делает эти ферменты прекрасным объектом для исследований и служит основой для разработки большого числа ультравысоких биосенсоров.

Другими примерами ферментов, ингибируемых ФОС, являются кислая и щелочная фосфатазы (рисунок 2Б). Моноэфиры фосфатов используются ими в качестве естественных субстратов, поэтому ди- и триэфиры фосфатов, т.е. типичные ФОС, зачастую являются конкурентными ингибиторами фосфатаз. Как и холинэстеразы, фосфатазы могут выступать в роли биочувствительного элемента и усилителя сигнала одновременно. Однако в силу обратимого типа их ингибирования чувствительность определения ФОС всегда будет существенно ниже при использовании фосфатаз в биосенсорах, чем в случае холинэстераз.

Каталитически модифицировать ФОС могут и другие ферменты [2, 9]. Например, под действием гидролаз (рисунок 2В) образуются продукты гидролиза ФОС, которые можно выявить непосредственно (спектрофотометрически, электрохимически и т.д.) или опосредованно при использовании различных систем преобразования аналитического сигнала. С

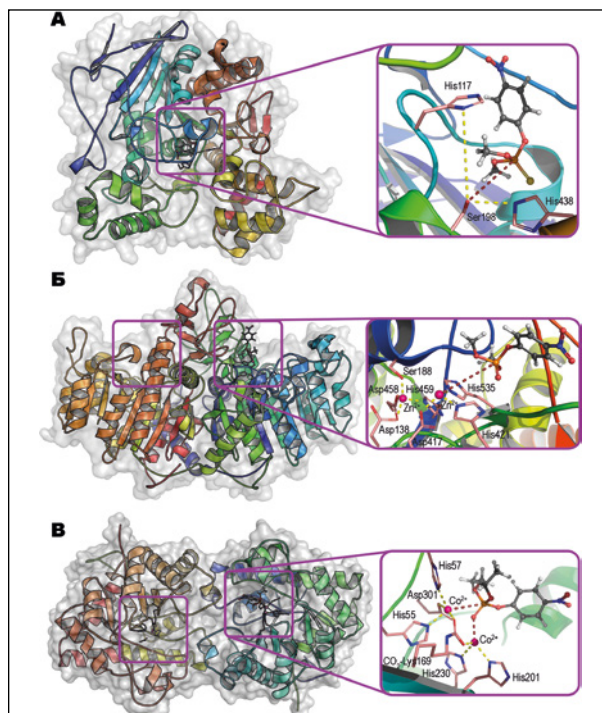


Рисунок 2 – Структура:

А – ацетилхолинэстеразы (PDB 2WG2),

Б – димера щелочной фосфатазы (PDB 4KJG),

В – димера органофосфатгидролазы (PDB 1QW7).

Конфигурации активных центров у данных ферментов представлены согласно [9]

целью дальнейшего улучшения аналитических характеристик самого анализа ФОС такие гидролазы могут быть скомбинированы с другими ферментами, например, с холинэстеразами, что будет обсуждаться далее.

Растворимые формы ферментов в анализе ФОС. Наиболее простой вариант для массового анализа ФОС в объектах окружающей среды – использование ферментов в растворимом виде (таблица 2).

Расширение научных знаний, в первую очередь в области биокатализа и структурной химии белков, сыграло свою роль в развитии ферментативных биочувствительных элементов. В настоящее время в качестве биочувствительных элементов в системах детекции активно используются ферменты, полученные в результате генетической модификации [32, 33, 41]. Рекомбинантные ферменты привлекают к себе внимание исследователей ввиду возможности их гибкой модификации под исходные требования и аналитические задачи. Физико-химические, в том числе каталитические, характеристики (рН-оптимум действия, субстратная специфичность действия, термостабильность и т.п.) целевого фермента могут быть изменены и улучшены путем введения отдельных точечных мутаций или даже целых

Таблица 2 – Примеры применения ферментов в растворимой форме для определения фосфорорганических пестицидов

Фермент*	Способ определения наличия в образце ФОС	Предел обнаружения** [источник]
AChE	Флуоресценция и/или оптическое поглощение родамина Б	0,1 мкг/л диазинона, 0,3 мг/л малатиона, 1 мкг/л фората (в реальных образцах: от 0,1 мкг/л, извлечение 77–109 %) [14]
	Флуоресценция наночастиц NaGdF ₄ :Yb,Tm	50 нг/л диазинона (в реальных образцах: от 0,5 мкг/л, извлечение 84–107 %) [15]
	Флуоресценция наночастиц NaYF ₄ :Yb,Er	2 нг/л МРТ (в реальных образцах: от 30 нг/л, извлечение 96–110 %) [16]
	Флуоресценция BSPOTPE@MnO ₂ /SiO ₂ NPs	1 мкг/л РХ (10 мкг/л на тест-полоске) (в реальных образцах: от 5 мкг/л, извлечение 98–104 %) [17]
	Флуоресценция углеродных QDs	14 нг/л РХ, 33 нг/л малатиона, 17 нг/л метамидофоса (в реальных образцах: от 0,3 мкг/л, извлечение 93–110 %) [18]
	Флуоресценция N,Cl-допированных углеродных QDs	30 нг/л РХ (в реальных образцах: от 1 мкг/л, извлечение 92–109 %) [19]
	Флуоресценция свидетеля (тетрафенилэтена)	8 мкг/л диметоата (в реальных образцах: от 50 мкг/л, извлечение 98–112 %) [20]
	Флуоресценция метки (FITC)	в реальных образцах: 0,6 мкг/л CPS (извлечение – н/д) [21]
	Флуоресценция метки (флуоресцеина)	1,4 мкг/л ометоата, 1 мкг/л DCP (в реальных образцах: от 5 мкг/л, извлечение 100–102 %) [22]
	Флуоресценция пары свидетелей (скополетина и 10-ацетил-феноксазин-3, 7-диола)	1,6 нг/л DCP (в реальных образцах: от 5 нг/л, извлечение 92–106 %) [23]
	Оптическое поглощение grQD/AuNPs	0,7 мкг/л CPS (в реальных образцах: от 30 мкг/л, извлечение 93–105 %) [24]
	Оптическое поглощение PtNPs	20 мкг/л DCP (в реальных образцах, извлечение 85–97 %) [25]
	Оптическое поглощение продукта (индофенола)	0,8 мг/л CPS, 0,4 мг/л фоксима, 1,3 мг/л триазофоса, 1,4 мг/л метамидофоса (в реальных образцах: от 0,8 мг/кг, извлечение 75–108 %) [26]
	Оптические свойства микрочастиц жидких кристаллов	1 нг/л диметоата (в реальных образцах: от 1 нг/л, извлечение – н/д); [27]
EST2	Флуоресценция продукта (4-метилумбеллиферола)	6 мкг/л РХ (в реальных образцах: от 72 мкг/л, извлечение – н/д) [28]
OPH	Флуоресценция CdTe QDs	18 мкг/л МРТ (в реальных образцах: от 50 мг/л или мг/кг, извлечение 96–117 %) [29]
	Флуоресценция CuInS ₂ QDs	15,8 мкг/л МРТ (в реальных образцах: от 100 мкг/л или мкг/кг, извлечение 90–105 %) [30]
	Флуоресценция Mn-ZnS QDs	5 мкг/л МРТ (в реальных образцах: от 50 мкг/л, извлечение 81–99%) [31]
OPH-His ₆	Флуоресценция метки (пиранина)	2 мкг/л РХ, 10 мкг/л МРТ [32]
		20 мкг/л РХ, 50 мкг/л МРТ, 50 мкг/л кумафоса (в реальных образцах: от 50 мкг/л, извлечение 90–125 %) [33]
Пероксидаза хрена	Оптическое поглощение / флуоресценция продукта	2 мг/л (UV/Vis) и 4 мкг/л (FL) глифосата [34]
Трипсин	Флуоресценция CdTe QDs	40 нг/л МРТ (в реальных образцах: от 0,2 мкг/л или мкг/кг, извлечение 95–110 %) [35]
Щелочная фосфатаза	Флуоресценция продукта (β-нафтола)	1,34 мг/л фенитротриона (в реальных образцах: от 10 мг/л, извлечение 96–100 %) [36]
	Флуоресценция продукта (аскорбиновой кислоты), конъюгированной с о-фенилендиамином	15 нг/л CPS (в реальных образцах: от 5 мкг/кг, извлечение 94–107 %) [37]
AChE в комбинации с холин-оксидазой	Флуоресценция CdTe QDs	1 мкг/л DCP (в реальных образцах: от 170 мкг/л, извлечение 97–101 %) [38]
	Флуоресценция графеновых QDs	172 мкг/л DCP, 84 мкг/л МРХ (в реальных образцах: 2 мг/л, извлечение 101–112 %) [39]
AChE в комбинации с пероксидазой хрена	Флуоресценция N-допированных углеродных QDs с 2,3-диаминофеназином	3,2 мкг/л DCP, 13 мкг/л МРТ (в реальных образцах: от 0,1 мг/кг DCP, извлечение 93–106 %; от 0,1 мг/кг МРТ, извлечение 93–106 %) [40]

Продолжение таблицы 2

Фермент*	Способ определения наличия в образце ФОС	Предел обнаружения** [источник]
His ₆ -Z-S-ORH-Z в комбинации с пероксидазой хрена	Хроноамперометрия	7,56 мг/л дихлофентииона [41]

* Используемые сокращения: AChE – ацетилхолинэстераза, BSPOTPE@MnO₂/SiO₂ NPs – покрытые 1,2-бис[4-(3-сульфатопропоксил) фенил]-1,2-дифенилэтаном и MnO₂ наночастицами наночастицы SiO₂, EST₂ – эстераза 2, FITC – флуоресцеин 5(6)-изотиоцианат, grQD/AuNPs – покрытые золотыми наночастицами графеновые квантовые точки, His₆-Z-S-ORH-Z – мутантная ORH содержит His6-последовательность на N-конце молекулы белка, α-спиральный лейциновый домен-“застежку” (аналогичный домен также расположен на C-конце) и неструктурированный глицин-богатый домен для увеличения растворимости, ORH – органофосфатгидролаза, ORH-His₆ – содержащая гексагистидиновую последовательность на C-конце молекулы белка ORH, QDs – квантовые точки, пиранин – 8-гидроксипирен-1,3,6-трисульфат натрия.

** В случае испытаний на реальных образцах указан предел обнаружения или минимальная концентрация пестицидов, подвергнутая анализу, а также степень извлечения пестицидов по сравнению с референсным методом анализа (ВЭЖХ, ГХМС и т.п.). н/д – данные отсутствуют. Детектируемые соединения: CPS – хлорпирифос (О,О-диэтил-О-(3,5,6-трихлорпиримидин-2-ил) тиофосфат), DCP – дихлофос (О,О-диметил-О-(2,2-дихлорвинил) фосфат), MPT – метилпаратион (О,О-диметил-О-(4-нитрофенил) тиофосфат), MPX – метилпараоксон (О,О-диметил-О-(4-нитрофенил) фосфат), PX – параоксон (О,О-диэтил-О-(4-нитрофенил) фосфат), глифосат (N-(фосфонометил)-глицин), диазинон (О,О-диэтил-О-(2-изопропил-6-метилпиримидин-4-ил) тиофосфат), диметоат (О,О-диметил-S-[2-(метиламино)-2-оксоэтил] дитиофосфат), дихлофентиион (О,О-диэтил-О-(2,4-дихлорфенил) тиофосфат), кумафос (О,О-диэтил-О-(3-хлор-4-метил-2-оксо-2Н-хромен-7-ил) тиофосфат), малатион (О,О-диметил-S-(1,2-дикарбэтоксизтил) дитиофосфат), метамидофос (О,О-диметил фосфорамидафосфат), ометоат (О,О-диметил-S-(метилкарбамоилметил) тиофосфат), триазофос (О,О-диэтил О-(1-фенил-1Н-1,2,4-триазол-3-ил) тиофосфат), фенитротиион (О,О-диметил-О-(3-метил-4-нитрофенил) тиофосфат), фоксим (О,О-диэтил-О-(α-циано-бензилденамино) тиофосфат), форат (О,О-диэтил-S-[[этилсульфанил)метил] дитиофосфат).

дополнительных аминокислотных последовательностей на N- или C-конец молекулы белка [32, 33, 41]. Последнее значительно упрощает процедуру выделения и очистки таких ферментов за счет использования аффинной препаративной хроматографии и, тем самым, снижает трудоемкость процесса получения аналитических систем на основе рекомбинантных ферментов и их стоимость.

Для регистрации аналитического сигнала при определении ФОС возможно использование разных методов, но в силу простоты проведения самого анализа предпочтение отдается оптическим методам, наиболее чувствительным из которых является флуоресцентный (см. таблицу 2). Для этого во многих современных аналитических системах применяются флуоресцирующие субстраты, либо субстраты, которые под действием ферментов превращаются во флуоресцирующие продукты, либо ферменты, содержащие специально введенные флуоресцирующие метки. Растущую популярность в таких биоаналитических системах демонстрирует привлечение нанообъектов и, в частности, квантовых точек² [15–19, 24, 25, 29–31, 35, 38–40]. Чувствительность определения ФОС в реальных образцах может существенно увеличиваться (на 2–3 порядка, вплоть

до нг/л) [15, 16, 18, 35] по сравнению с аналогичными системами, не использующими данный подход. Такая чувствительность уже достаточна, чтобы аналитические системы были пригодны для определения ФОС в полном соответствии с предъявляемыми требованиями к их максимально допустимому содержанию в тестируемых объектах (см. таблицу 1), и чтобы они были конкурентоспособными в ряду с другими, неферментными аналитическими методами определения ФОС.

Многие рассматриваемые ферментные биоаналитические системы не могут дискриминировать между разными соединениями, поэтому требуется разработка особых процедур (пробоподготовка, схема проведения анализа и т.д.) для нивелирования этого недостатка. Тем не менее, уже сейчас применение таких аналитических систем возможно для экспресс-тестирования образцов *in situ* для группового анализа наличия токсикантов.

Электрохимический метод вкупе с растворимыми ферментами дает менее приемлемые результаты в сравнении с оптическими методами определения ФОС и, в частности, с флуоресцентными [41]. Невысокая чувствительность анализа вместе со сложной методической реализацией не обеспечивают создание экс-

² Квантовая точка – это наноразмерная частица полупроводникового материала, которая обладает флуоресценцией при облучении светом или под действием электрического тока, спектр которой зависит не только от состава материала и его микроокружения, но и от геометрических свойств частиц (так называемые квантовые эффекты).

Таблица 3 – Примеры биосенсоров на основе иммобилизованных ферментов, применяемых для определения разных пестицидов

Фермент*	Способ иммобилизации	Способ определения пестицидов и предел обнаружения**	Остаточная активность (условия испытаний) [источник]
Физическая иммобилизация			
AChE	Коммерчески доступный электрод (адсорбция на платиновом электроде)	Амперометрический, 33,5 мкг/л СРО (в реальных образцах: 33,5 мкг/л, извлечение – н/д)	90 % (10 измерений) [42]
	Адсорбция на композите PB@CS/AuNPs@βCD/RGO/GCE ⁶¹	Амперометрический, 4,14 нг/л малатиона	92 % (28 сут хранения) [43]
	Адсорбция на композите PANI@HCNSs/GCE	Квадратноволновая вольтамперометрия, 160 нг/л малатиона (в реальных образцах: от 1 мкг/л, извлечение 98–111 %)	96 % (15 сут хранения) [44]
	Адсорбция на композите NF-Fe ₂ O ₃ @C/CPE и покрытие нафтоном	ДИВА, 3,2 пг/л РХ (в реальных образцах: от 0,5 нг/л, извлечение 99–104 %)	93 % (14 сут хранения) [45]
	Адсорбция на композите AuNRs/GCE или Au@AgNRs/GCE	Хроноамперометрический, 0,19 мкг/л РХ, 0,89 мкг/л диметоата (в реальных образцах: от 0,28 мкг/л, извлечение 96–100 %)	93 % (30 сут хранения) [46]
	Адсорбция на композите PEDOT-MWCNTs/FTO	ДИВА, 0,33 пг/л малатиона (в реальных образцах: от 0,33 пг/л, извлечение 96–98 %)	89 % (30 сут хранения) [47]
	Адсорбция на композите FePP@CPTES-MWCNTs/GCE	ДИВА, 7 нг/л монокротофоса (в реальных образцах: от 220 нг/л, извлечение 89–104 %)	50 % (49 сут хранения) [48]
	Адсорбция на пленку хитозана на композите MWCNTs/DCHP/SPE	Циклическая вольтамперометрия, 50 нг/л РХ (в реальных образцах: 100 мкг/л, извлечение 88–102 %)	82 % (30 сут хранения) [49]
	Адсорбция на MWCNTs/GCE	Циклическая вольтамперометрия, 27 нг/л РХ (в реальных образцах: от 1,4 мкг/л, извлечение 97–104 %)	54 % (9 измерений в течение 32 сут) [50]
	Адсорбция на композите Ce/Uio-66@MWCNTs/GCE	Амперометрический, 1,1 нг/л РХ (в реальных образцах: от 2,8 мкг/л, извлечение 95–102 %)	85 % (20 сут хранения) [51]
	Адсорбция на композите CNTs-NH ₂ /AgNPs@N-F-MoS ₂ /GCE	ДИВА, 1 нг/л CPS, 50 пг/л монокротофоса (в реальных образцах: от 1,8 мкг/л, извлечение 95–104 %)	93 % (30 сут хранения) [52]
	Включение в пленку хитозана на композите Pd@AuNRs/GCE и покрытие нафтоном	ДИВА, 1 нг/л РХ (в реальных образцах: от 14 нг/л, извлечение 99–105 %)	80% (30 сут хранения) [53]
	Включение в пленку хитозана на композите AgNPs@TiC/GCE	ДИВА, 1,1 пг/л малатиона (в реальных образцах: от 3,3 пг/л, извлечение 87–112 %)	87 % (30 сут хранения) [54]
	Включение в пленку хитозана на композите Pd@CuNWs/GCE	ДИВА, 1,5 нг/л малатиона (в реальных образцах: 200 нг/л, извлечение 99–114 %)	91 % (30 сут хранения) [55]
	Включение в пленку хитозана на композите CoNiB/GCE и покрытие нафтоном	ДИВА, 1 нг/л CPS (в реальных образцах: от 10,5 нг/л, извлечение 96–105 %)	85 % (20 сут хранения) [56]
	Включение в криоструктурат CdTe QDs	Флуоресцентный, 0,33 нг/л РХ, 0,27 нг/л РТ, 2,6 нг/л DCP (в реальных образцах: от 1,1 мкг/л, извлечение 99–109 %)	н/д [57]
BChE	Адсорбция на композит pNIPAM-co-DMAPMA/SPE-MnO ₂	Амперометрический, 2,7 нг/л СРО, 1,7 нг/л диазинон-оксона	65 % (45 сут хранения) [58]
AChE или BChE	Адсорбция на целлюлозную или стеклянную нановолокнистую подложку	Колориметрический, 0,1 мг/л диэтилхлорфосфата	75–88 % (10 сут при 60°C) [59]

Продолжение таблицы 3

Фермент*	Способ иммобилизации	Способ определения пестицидов и предел обнаружения**	Остаточная активность (условия испытаний) [источник]
EST2	Адсорбция на нитроцеллюлозной мембране	Колориметрический, 2,75 мг/л РХ (в реальных образцах с растворимым ферментом: от 2,75 мг/л, извлечение – н/д)	100 % (60 сут хранения) [60]
MPH	Адсорбция на композите Fe ₃ O ₄ /AuNPs/SPE	Квадратноволновая вольтамперометрия, 0,1 мкг/л МРТ	80 % (30 сут хранения) [61]
MPH-GST	Ад(б)сорбция на/в мембране из PVDF (Immobilon™-PSQ)	Колориметрический, 1 мг/л МРТ (без колориметра, в реальных образцах: от 10 мг/л, извлечение 75–93 %)	80 % (84 сут хранения), 93 % (6 измерений) [62]
OPH	Включение в пленку нафтона на NPGPD-co-UDMA	Квадратноволновая вольтамперометрия, 1 мг/л МРХ (в реальных образцах: от 10 мг/л, извлечение 84–93 %)	100 % (12 измерений) [63]
His6-OPH	Адсорбция на пленке N@RGO	Амперометрический, 37,7 мкг/л РХ	90 % (100 измерений) [64]
	Включение в пленку нафтона на композите MC/CB/GCE	Амперометрический, 33 мкг/л РХ	н/д [65]
Конъюгат OPH и пиранина	Адсорбция на AgNPs, покрытых силикагелем	Флуоресцентный, 1 мкг/л РХ	н/д [66]
Разные модификации AChE	Включение в пленку ковалентно сшитого поливинилового спирта на SPE	Амперометрический, 1,7 нг/л CPO, 68 нг/л малаоксона (в реальных образцах, совместно: от 33,5 нг/л, извлечение 82–140 %)	100 % (20 измерений) [67]
		Амперометрический, 37 нг/л CPO, 0,31 мкг/л CFV, 64 нг/л метилазинфос-оксона (в реальных образцах, совместно: от 30 нг/л, извлечение 92–111 %)	н/д [68]
	Включение в пленку композита поливинилового спирта с наночастицами Fe-Ni на SPE	Амперометрический, 32 нг/л фосмета (в реальных образцах: от 32 мкг/л, извлечение 96%)	100 % (30 сут хранения) [69]
AChE в комбинации с холин-оксидазой	Включение в Cu ₃ (PO ₄) ₂ «наночастицы»	Колориметрический, 10 нг/л РХ или 0,5 мг/л невооруженным глазом (в реальных образцах: от 5 мкг/л, извлечение 83–112 %)	70 % (5 измерений) [70]
AChE в комбинации с холин-оксидазой и пероксидазой хрена	Адсорбция на целлюлозной бумаге	Хемилюминесцентный, 14,5 мг/л хлорпирифос-метила (в реальных образцах: от 194 мкг/л, извлечение 92–99 %)	40 и 80 % (при хранении при 20 и 4°C в течение 1–2 недель соответственно) [71]
Химическая иммобилизация			
AChE	Ковалентная сшивка с помощью EDC/NHS с золотой подложкой на пьезоэлектрическом осцилляторе AlN	Изменение частоты осцилляции у резонатора, 11,8 нг/л РХ	н/д [72]
	Ковалентная сшивка с помощью EDC/NHS с золотой подложкой на пьезоэлектрическом осцилляторе ZnO	Изменение частоты осцилляции у резонатора, 4,95 нг/л РХ	86 % (15 сут хранения) [73]
	Ковалентная сшивка с помощью Sulfo-LC-SPDP с золотой подложкой на пьезоэлектрическом осцилляторе AlN	Изменение частоты осцилляции у резонатора, 14,6 нг/л РХ (в реальных образцах: от 1,4 мкг/л, извлечение 91–109 %)	91 % (10 сут хранения) [74]
	Ковалентная сшивка с помощью EDC/NHS с карбоксилированным хитозаном на композите AgNC/RGO/GCE	ДИВА, 24,2 нг/л фоксима	92 % (30 сут хранения) [75]

Продолжение таблицы 3

Фермент*	Способ иммобилизации	Способ определения пестицидов и предел обнаружения**	Остаточная активность (условия испытаний) [источник]
AChE	Ковалентная сшивка с помощью эписхлоргидрина с хитозаном на поверхности целлюлозной бумаги	Колориметрический, 200 мг/л CPS, 10 мг/л диазинона, 4 мг/л фенамифоса, 500 мг/л малатиона, 25 мг/л профенофоса, 50 мг/л темефоса	н/д [76]
	Ковалентная сшивка с помощью EDC/NHS с PAAM/2D PSPC	Светорассеяние, 0,02 пг/л диптерекса	н/д [77]
		Светорассеяние, 0,01 пг/л зарина	н/д [78]
MPH	Ковалентная сшивка с помощью EDC/NHS с AuNPs на GCE, покрытого PEG	Амперометрический, 70 нг/л MPT (в реальных образцах: 20 мкг/л, извлечение 93-107 %)	90 % (70 сут хранения) [79]
OPH	Ковалентная сшивка с помощью DSC с пористым силикагелем и покрытие PDMAEMA	Измерение эффективной оптической толщины, 9,9 мг/л MPX	н/д [80]
	Ковалентная сшивка с помощью глутарового альдегида с хитозаном на GCE	Амперометрический, 0,55 мг/л PX, PT или MPT	50 % (1 сут хранения) [81]
His ₆ -OPH	Ковалентная сшивка с помощью DCC/HDA с UiO-66-NH ₂	Флуоресцентный, 10 мкг/л MPT (в реальных образцах: от 1 мг/л, извлечение 95-105 %)	80 % (60 сут хранения), 70 % (8 измерений) [82]
	Ковалентная сшивка с помощью EDC/sNHS с BTC и включение в Tb-BTC	Колориметрический, 0,6 мкг/л MPT	65 % (60 сут хранения), 65 % (5 измерений) [83]
OPAA	Ковалентная сшивка с помощью глутарового альдегида с SPE	Фторидчувствительный электрод, 18 мг/л DFP	65 % (12 сут хранения) [84]
Липаза	Ковалентная сшивка с помощью глутарового альдегида с PAH/AuNPs/Au	Кондуктометрический, 60 мкг/л диазинона, 26 мкг/л MPT, 25 мкг/л MPX (в реальных образцах: от 1,5 мг/л, извлечение 67-86 %)	55 % (30 сут хранения) [85]
Параоксоназа 1	Ковалентная сшивка с помощью глутарового альдегида с 0,2-мм медной решеткой для TEM и формирование жидкого кристалла	Оптическое пропускание, 0,28 мг/л PX	н/д [86]
Разные модификации AChE	Ковалентная сшивка с композитной нановолокнистой мембраной хитозана с поливиниловым спиртом на SPE	Амперометрический, 61 нг/л метилпиримифоса (в реальных образцах: от 9,2 мкг/л, извлечение 96-102 %)	90 % (42 сут хранения) [87]
AChE в комбинации с OPH	Ковалентная сшивка с помощью EDC/NHS с MWCNTs и нанесение на модифицированный GCE	Амперометрический, 0,14 мг/л PX	н/д [88]
Аффинная иммобилизация			
His ₆ -AChE	Связывание с магнитными частицами, покрытыми IDA и заряженными ионами Ni ²⁺	Амперометрический, 14,4 нг/л CPO (в реальных образцах: 100 нг/л, извлечение 96-103 %)	100 % (11 сут хранения) [89]
Ccg2-EPSPS	Связывание с полистироловой или стеклянной подложкой	Колориметрический, 8,5 мкг/л глифосата	н/д [90]

Продолжение таблицы 3

Фермент*	Способ иммобилизации	Способ определения пестицидов и предел обнаружения**	Остаточная активность (условия испытаний) [источник]
His ₆ -MPH	Связывание с агарозой, модифицированной NTA и заряженной ионами Ni ²⁺	Колориметрический, 1 мг/л MPT	н/д [91]
His ₆ -GBP-OPH	Связывание с золотым электродом	Хроно-амперометрический, 10 нг/л РХ	н/д [92]
	Связывание с AuNPs на RGO	Амперометрический, 26,3 мкг/л РХ	н/д [93]
His ₆ -AChE в комбинации с OPH	Связывание His ₆ -AChE с магнитными частицами, покрытыми IDA и заряженными ионами Ni ²⁺ , и ковалентная иммобилизация OPH на сефарозе	Амперометрический, 4 нг/л CPO, 5 нг/л CFV (в реальных образцах: от 2 мкг/л, извлечение – н/д)	н/д [94]
Конъюгат биотина и пероксидазы хрена	Связывание биотина с стрептавидином, пришитого к SPE	Квадратновольтная вольтамперометрия, 45 нг/л глифосата (в реальных образцах: от 50 нг/л, извлечение 71–98 %)	96 % (9 измерений в течение 40 сут) [95]

* Используемые сокращения: AgNC/RGO/GCE – покрытый нанокластерами серебра восстановленный оксид графена на поверхности стеклоуглеродного электрода, AgNPs@TiC/GCE – покрытые серебряными наночастицами нанослои карбида титана на GCE, Au@AgNRs/GCE – серебрено-золотые наночастицы на GCE, AuNRs/GCE – золотые наночастицы на GCE, BChE – бутирилхолинэстераза, BTC – бензил-1,3,5-трикарбоновая кислота, Csg2-EPSPS – гибридный фермент из гидрофобина Csg2 и 5-енолпирувилшикимат-3-фосфатсинтазы, Ce/Uio-66@MWCNTs/GCE – покрытые металлорганическим каркасным соединением Ce/Uio-66 мультисистемные углеродные нанотрубки на GCE, CNTs-NH₂/AgNPs@N-F-MoS₂/GCE – модифицированные аминогруппами углеродные нанотрубки на N,F-допированных нанолитах MoS₂ с серебряными наночастицами на поверхности GCE, CoNiB/GCE – наноструктурированный борид кобальта-никеля на GCE, DCC/HDA – N,N'-дициклогексил-карбодиимид и гексаэтилендиамин, DSC – N,N'-дисулцинимидил карбонат, EDC/NHS – 1-этил-3-(3-диметиламинопропил)карбодиимид и N-гидроксисукцинимид, Fe₃O₄/AuNPs/SPE – шитые наночастицы железа и золота на поверхности углеродного печатного электрода, FePP@CPTES-MWCNTs/GCE – композит Fe(III)-содержащего порфирина с покрытыми 3-хлорпропил-триэтоксисилом мультисистемными углеродными нанотрубками на GCE, His₆-AChE – содержащая His₆-последовательность на N-конце молекулы белка AChE, His₆-GBP-OPH – органофосфатгидролаза с генетически введенными на N-конец золото-связывающим пептидом и His₆-последовательностью, His₆-MPH – содержащая His₆-последовательность на N-конце молекулы белка MPH, His₆-OPH – содержащая His₆-последовательность на N-конце молекулы белка OPH, IDA – иминодиуксусная кислота, MC/CB/GCE – мезопористый и технический углерод на GCE, MPH – метилпаратионгидролаза, MPH-GST – гибридный фермент из MPH и глутатион-S-трансферазы, MWCNTs/DCHP/SPE – MWCNTs и дициклогексилфталат на SPE, N@RGO – композит нафтиона с RGO, NF-Fe₂O₃@C/CPE – покрытый нафтионом металл-органическим каркасным материалом из оксида железа и углерода на поверхности углеродного электрода, NPGPD-co-UDMA – сополимер неопентилгликоль пропоксил диакрилата и уретан диметакрилата, NTA – нитрилотриуксусная кислота, OPAA – кислая органофосфатангидролаза, PB@CS/AuNPs@BCD/RGO/GCE – покрытый берлинской лазурью в сульфате хитозана и AuNPs с β-циклодекстрином RGO на GCE, PAAM/2D PSPC – полиакриламидный гель на двумерном полистирольном фотонном кристалле, PAN/AuNPs/Au – покрытые полиаллиламино AuNPs на поверхности золотого электрода, PANI@HCNSs/GCE – покрытые полианилином полые углеродные наносферы на GCE, Pd@AuNRs/GCE – палладиево-золотые наночастицы на GCE, Pd@CuNWs/GCE – палладиево-медные нанонити на GCE, PEDOT-MWCNTs/FTO – пришитый к мультисистемным углеродным нанотрубкам поли(3,4-этилен-диокситиофен) на поверхности электрода в виде допированного фтором оксида олова, PEG – полиэтиленгликоль, pNIPAM-co-DMAEMA/SPE-MnO₂ – сополимер поли-N-изопропилакриламида и поли-(3-(N,N-диметиламино)-пропилметакриламида на поверхности MnO₂-модифицированного SPE, PVDF – поливинилиденфторид, PDMAEMA – поли-2-диметиламино-этил метакрилат, Sulfo-LC-SPDP – сульфосукцинимидил-6-[3-(2-пиридилтио) пропионамид]-гексаноат натрия, Tb-BTC – металл-органический каркасный материал из тербия и бензил-1,3,5-трикарбоновой кислоты, TEM – просвечивающая электронная микроскопия, Uio-66-NH₂ – металл-органический каркасный материал из циркония и аминотерефталевой кислоты, ДИВА – дифференциальная импульсная вольтамперометрия.

** В случае испытаний на реальных образцах указан предел обнаружения или минимальная концентрация пестицидов, подвергнутая анализу, а также степень их извлечения по сравнению с референсным методом анализа (ВЭЖХ, ГХМС и т.п.). н/д – данные отсутствуют. Детектируемые соединения: CPO – хлорпирифос-оксон (О,О-диэтил-О-(3,5,6-трихлорпиридин-2-ил) фосфат), CFV – хлорфенвинфос (О,О-диэтил-О-[2-хлор-1-(2,4-дихлорфенил)винил] фосфат), DFP – О,О-диизопропил фторфосфат, PT – паратион (О,О-диэтил О-(4-нитрофенил) тиофосфат), диазинон-оксон (О,О-диэтил-О-(2-изопропил-6-метилпиридин-4-ил) фосфат), диптерекс (О,О-диметил-(2,2,2-трихлор-1-оксиэтил)-фосфонат), зарин (О-изопропил-метилфосфоната фторангидрид), малаоксон (О,О-диметил-S-(1,2-дихлорэтоксипропил) тиофосфат), метилазоксон (О,О-диметил-S-[(4-оксо-1,2,3-бензотриазин-3(4Н)-ил)метил] тиофосфат), метилпиримифос (О,О-диметил-О-(2-диэтиламино-6-метилпиримидин-4-ол) тиофосфат), монокротофос (О,О-диметил-О-[(Е)-1-метил-2-(метилкарбамоил) винил] фосфат), профенофос (О-(4-бром-2-хлорфенил)-О-этил-S-пропил тиофосфат), темефос (О,О,О',О'-тетраметил О,О'-[сульфанидиол-бис(1,4-фенилен)] бис-тиофосфат), фенамифос (О-этил-О-[3-метил-4-(метилтио)фенил]-1-метилэтил)фосфороамидат, фосмет (О,О-диметил-S-(N-фталимидометил)дитиофосфат).

пресс-тестов, поэтому данное направление на основе растворимых форм ферментов в настоящее время практически не развивается. И эта ситуация в корне отличается от той, что наблюдается в развитии биоаналитических систем на основе иммобилизованных форм ферментов, для которых электрохимические методы позволяют получать действительно впечатляющие результаты.

Иммобилизованные ферменты в биосенсорных системах для определения ФОС. Более технологичным решением, приближенным к практическому внедрению, можно считать биоаналитические системы, использующие иммобилизованные ферменты [96] (таблица 3).

При физическом методе иммобилизации ферментов производится их фиксация на/в какой-либо подложке за счет нековалентных взаимодействий, например, при адсорбции на поверхности носителя, абсорбции в порах носителя, инкапсулировании [42–71] и т.д. К преимуществам данного способа следует отнести простоту получения и регенерации биочувствительных элементов. Недостатком же является их сниженная стабильность, которая обусловлена возможностью десорбции фермента. Как следствие этого, наблюдается постепенное снижение аналитического сигнала, которое должно специально контролироваться и учитываться при анализе ФОС, особенно при их определении в реальных образцах.

При химическом методе иммобилизации фермент прочно закрепляется на/в носителе за счет ковалентного связывания [72–88], а потому свободная десорбция невозможна или существенно снижена. В качестве сшивающих агентов могут применяться различные химические вещества, реакционноспособные к взаимодействию с поверхностными функциональными группами белка. Чаще всего используется глутаровый альдегид, реагирующий с аминогруппами, и карбодимид, реагирующий с карбоксильными группами аминокислотных остатков в белке.

Иммобилизация за счет образования дисульфидных связей применяется крайне редко, так как ферментов с поверхностными аминокислотными остатками цистеина мало, а реакции с внутренними тиольными группами сопровождаются нарушением структуры белка и, как следствие, потерей им каталитической активности. Хотя при химической иммобилизации и наблюдается существенная стабилизация ферментативной активности иммобилизуемого фермента против инактивирующего действия различных факторов, одновременно с этим происходит значительная (от 30 до 90 %) потеря исходной активности за счет неселективного действия сшивающих агентов. Поэ-

тому применяются различные ухищрения с целью компенсации этого недостатка и увеличения эффективности действия создаваемых биочувствительных элементов.

При металл-хелатирующей иммобилизации ферментов удается избежать большинства перечисленных недостатков физических и химических методов [89–95]. Так, по сравнению с физическим методом иммобилизации увеличивается прочность связывания иммобилизуемого фермента с носителем за счет специфического взаимодействия аминокислотных остатков белка с носителем, содержащим хелатирующие функциональные группы и заряженным определенными ионами металла. При этом удается избежать увеличенных потерь ферментативной активности, как в случае ковалентного связывания белка с носителем в результате действия сшивающих агентов. В целом, для аффинной иммобилизации характерны простота и эффективность. Однако для нее требуется предварительная генетическая модификация фермента путем введения в него дополнительной аминокислотной последовательности, специфично взаимодействующей с аффинным носителем. Это требует дополнительных исследований и/или трудозатрат. Вместе с этим, такой подход позволяет достаточно гибко управлять свойствами получаемого биочувствительного элемента и направленно конструировать его под конкретные практические задачи за счет введения разных генетических модификаций в один и тот же фермент.

В качестве носителей для иммобилизации могут быть использованы самые разнообразные материалы неорганической и органической природы. В последнее время широчайшее распространение в качестве основы для создаваемых ферментных биочувствительных элементов получили композитные материалы и, в том числе, наноматериалы [43–57, 61, 64–66, 69, 70, 75, 79, 85, 88, 93]. При этом последние позволяют значительно улучшить аналитические характеристики разрабатываемых биоаналитических систем (с пределом обнаружения вплоть до пг/л [45, 47, 52, 54]) и создать новые возможности для детекции ФОС.

Благодаря ко-иммобилизации одновременно нескольких ферментов в одном биочувствительном элементе стало возможным конструирование сложных многокомпонентных (мультиферментных) биоаналитических систем с требуемыми характеристиками. В этом случае в биосенсорах могут объединяться ферменты различной природы или разные модификации одного и того же фермента. В результате становится возможным задействовать большее число различных ферментов, а не только те,

которые взаимодействуют непосредственно с ФОС. Кроме того, зачастую таким путем может быть исключено влияние мешающих определению соединений и/или условий, особенно в случае анализа ФОС в реальных объектах. Тем самым объединение в одной биоаналитической системе разных ферментов позволяет достигать таких характеристик самого анализа, которые не доступны при использовании этих компонентов по отдельности. Более того, при этом становится возможным проводить дискриминационный анализ разных соединений, присутствующих одновременно в смеси и в анализе, в том числе с привлечением искусственных нейронных сетей и хеометрики [97].

Детектирование сигнала биоаналитических элементов, полученных в виде иммобилизованных ферментов, осуществляют преимущественно оптическими и электрохимическими методами, которые обеспечивают сравнимую чувствительность в модельных системах (вплоть до нг/л), но при анализе ФОС в реальных образцах электрохимические методы демонстрируют определенные преимущества в определяемых концентрациях фосфорорганических пестицидов. Вместе с этим оптические и электрохимические методы полностью удовлетворяют запросам практики (см. таблицу 1), и их использование позволяет решать имеющиеся аналитические задачи.

Сегодня большой интерес у разработчиков биосенсоров вызывают «безреагентные» тест-системы, например, на основе микрофлюидных чипов [57] или стрипов (тест-полосок) [59]. Биочувствительные элементы обычно получают путем ко-иммобилизации субстрата и/или «свидетеля» реакции фермента и ФОС с ферментом (или ферментами) в разных зонах применяемой подложки. Движущийся фронт аналита приводит к смешиванию реагентов и генерации аналитического сигнала, который может фиксироваться портативным прибором (например, смартфоном) или даже невооруженным глазом. Современным развитием этого направления исследований стало появление, так называемых, «мобильных, портативных» миниатюрных чипов [98], которые могут наклеиваться на одежду или даже прямо на кожу. В настоящее время такие стрип-биосенсоры уже коммерчески доступны (таблица 4).

Ферменты, применяемые как биочувствительные элементы для определения ФОС, без выделения их из клеток. Ферменты, которые используются при разработке биосенсоров, могут находиться не только в растворе или в искусственном иммобилизованном состоянии, но и в составе клеток микроорганизмов. С одной стороны, при таком подходе не требуется проведение отдельной проце-

дуры выделения ферментов, находящихся внутри или на поверхности клеток (живых и неживых, но сохраняющих свою целостность). Это обеспечивает поддержание природного микроокружения ферментов и, как следствие, их активное и стабильное биокаталитическое состояние. С другой стороны, возникают дополнительные диффузионные затруднения для массообменных процессов в ходе анализа ФОС, что может приводить к существенному снижению чувствительности биосенсоров по сравнению с растворимыми или иммобилизованными формами ферментами.

Для усиления первичного аналитического сигнала в рекомбинантных клетках микроорганизмов часто дополнительно повышают уровень биосинтеза фермента, необходимого для детекции ФОС [99–106]. В то же время методы генетической инженерии позволяют точно управлять локализацией фермента в клетке в клеточной стенке, периплазме, цитоплазме после экспрессии соответствующего гена. В результате максимального приближения местоположения ферментов внутри клетки к поверхности клеток [100–104] удается увеличить эффективную каталитическую активность за счет уменьшения массообменных затруднений, что увеличивает чувствительность определения ФОС и увеличивает скорость получения пропорционального отклика. Необходимо, однако, отметить, что из-за того, что количество целевого рекомбинантного фермента типично не может превышать нескольких процентов от суммы всех синтезируемых клеточных белков, этот метод повышения уровня каталитической активности имеет определенные ограничения.

Другим методом уменьшения диффузионных ограничений для внутриклеточных ферментов, применяемых для определения ФОС, является использование специальных химических пермеабilizаторов, увеличивающих проницаемость клеточной стенки. Вместе с облегченной диффузией ФОС извне также усиливается и поток клеточного содержимого наружу вплоть до потери клетками их целостности при любых механических воздействиях (например, при перемешивании, промывке буферными растворами и др.). Чтобы избежать такого нарушения целостности, частично пермеабilizованные клетки обрабатывают различными сшивающими агентами, покрывают гелевыми матрицами, включают в полимерные носители и т.д., то есть применяют различные методы иммобилизации и стабилизации клеток [99, 103]. Для регистрации аналитического сигнала от ферментов, находящихся внутри подобных клеток, применяют те же самые оптические, электрохимические и прочие указанные выше методы, позволяющие осуществлять детекцию

Таблица 4 – Примеры коммерчески доступных ферментных препаратов для определения пестицидов с оптической регистрацией сигнала.*Все представленные образцы в качестве основы используют разные формы AChE*

Название	Производитель	Предел обнаружения	Интернет сайт*
aCella™-AChE	Cell Technology	1,6 мг/л малатиона	www.celltechnology.com
AgriChem™	Institute of Microchemical Technology	0,4 мкг/л CPS, 1 мкг/л PT, 0,8 мкг/л диазинона**	www.i-mt.co.jp/en/products/agrichem
Automatic Pesticide Meter (G9 SAR)	Purnamalab	–	www.purnamalab.com
CideLite	Charm Sciences	0,3 мкг/л CPS, 0,1 мкг/л кумафоса, 10 мкг/л малатиона, 0,1 мкг/л MPT**	www.charm.com
MAIA Pesticide MultiTest	Liofilchem	10 мкг/кг PX (в реальных образцах)	www.liofilchem.net
NIDS ® ACE III-C	ANP Health	2 мг/л фенамифоса	www.anphealth.com
Organophosphate/ Carbamate (OP/C) Assay Kit	Abraxis	0,5 мкг/л CPS, 1,2 мкг/л малатиона, 0,6 мкг/л диазинона**	www.abraxis.eurofins-technologies.com
Pesticide Detection Cards	RenekaBio	0,3 мг/л DCP, 1,7 мг/л PT, 2 мг/л малатиона**	www.renekabio.com

*Дата запроса информации в Интернете – 13.01.2021 г.

**Приведены лишь некоторые характеристики. Чтобы ознакомиться с другими параметрами (для остальных соединений), рекомендуется обращаться к инструкции набора реагентов или на сайт производителя.

ФОС [99–106]. В зависимости от комбинации разных функциональных частей биосенсора могут достигаться самые разные уровни определения ФОС (вплоть до пг/л [104, 106]).

На уровне целых клеток также возможен биосинтез и использование так называемых рекомбинантных фьюжен-белков, представляющих собой комбинации ферментов, участвующих в гидролизе ФОС, с другими белками, например, с зеленым флуоресцентным белком [102], которые ко-экспрессируются на поверхности клеток, и при этом выступают в роли «свидетеля» происходящих ферментативных реакций с ФОС. То есть партнер целевого фермента реагирует на появление продуктов реакции ФОС с основным ферментом. Это, в свою очередь, позволяет расширить спектр определяемых соединений (продуктов деструкции ФОС) и используемых для этого объектов (белков или «партнеров-свидетелей» небелковой природы).

Заключение

Ферментные биоаналитические системы, предназначенные для определения ФОС, представляются достаточно развитым направлением науки, достигшим в своем развитии появления готовых коммерческих продуктов (см. таблицу 4). Оптические, электрохимические, микрохимические и др. методы могут применяться и применяются в настоящее время для преобразования аналитического сигнала ферментных биочувствительных элементов в доступный для регистрации и интерпретации

результат. За счет комбинации различных ферментов и регистрирующих систем создаются биосенсоры с требуемой чувствительностью, производительностью и стоимостью. Последний критерий представляется наиболее важным для широкого распространения и практического использования ферментных биосенсоров (см. таблицу 4). Именно этот показатель является ключевым для массового мониторинга ФОС, например, в объектах окружающей среды, в составе сельскохозяйственной продукции и т.д. Ожидается, что в ближайшее время из списка существующих разработок, которые полностью удовлетворяют современным требованиям к чувствительности анализа ФОС в реальных объектах (см. таблицу 1), для практического применения будут выбраны те, что отличаются исключительной простотой использования обычными потребителями.

Дальнейшее улучшение пределов обнаружения ФОС может быть достигнуто за счет использования разнообразных нанообъектов в купе с современными методами регистрации сигнала, например, с наномеханическими детекторами и преобразователями сигнала [107]. Это обеспечивает чувствительность анализа ФОС вплоть до пг/л, но, видимо, еще не является пределом в детекции ФОС.

Ввиду простоты использования для обычных пользователей большой интерес наблюдается к «безреагентным» системам. Значительный прогресс в этой области стал основой для производства большого числа коммерчески доступных «стрипов» (тест-полосок) для экс-

прессного определения ФОС (см. таблицу 4). При таком техническом решении для специфического и чувствительного обнаружения ФОС возможна не только оптическая, но и электрохимическая детекция ФОС [108].

Современные запросы стимулируют бурное развитие портативных и, особенно, «мобильных, портативных» биосенсоров, закрепляемых на различных поверхностях и, в том числе, на одежде [109]. И хотя пока очень малое число исследований посвящено именно ферментным биочувствительным элементам в составе таких биосенсоров на ФОС [97], очевидно, что значительный прогресс в данной области можно ожидать в ближайшие годы. Прогресс, достигнутый в области создания аффинных аминокислотных последовательностей [110] в перспективе позволит создавать ферментные биосенсоры на любой поверхности. Причем такое связывание рекомбинантных белков будет не только прочным, но и специфичным, как и любое другое аффинное взаимодействие. В свою очередь, это

позволит расширить число ферментных биосенсоров, адаптированных к классическим хроматографическим методам определения [111], открывая новую нишу возможного использования этих ферментов.

Пока использование ферментных биосенсоров для определения ФОС в объектах окружающей среды остается незначительным. Наиболее предпочтительными областями применения ферментных биосенсоров по-прежнему являются сырье и продукты сельского хозяйства и/или пищевой промышленности, изделия легкой промышленности, водные и почвенные ресурсы и т.д. Большой потенциал у ферментных биосенсоров может быть раскрыт в биомедицине [112] и, в том числе, в минимально инвазивных методах контроля [62]. Согласно проведенному анализу, эта область знаний, очевидно, находится в динамическом развитии, которое основано на активном комбинировании современных достижений и опыта специалистов из разных научных направлений.

Работа выполнена в рамках государственного задания «Молекулярный дизайн, структурно-функциональный анализ и регуляция ферментных систем, клеточных конструкций, бионаноматериалов: фундаментальные основы и приложения в технологии, медицине, охране окружающей среды» (AAAA-A21-121011290089-4).

Информация о конфликте интересов

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

Сведения о рецензировании

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

Список источников/References

1. Лягин И.В., Ефременко Е.Н., Варфоломеев С.Д. Ферментные биосенсоры для определения пестицидов // Успехи химии. 2017. Т. 86. С. 339–355. <https://doi.org/10.1070/RCR4678>
2. Lyagin I.V., Efremenko E.N., Varfolomeev S.D. Enzymatic biosensors for determination of pesticides // Russ. Chem. Rev. 2017. V. 86. P. 339–355. <https://doi.org/10.1070/RCR4678> (in Russian).
3. Фосфорорганические нейротоксины: монография / Под ред. Варфоломеева С.Д., Ефременко Е.Н. М.: РИОР, 2020 380 с. <https://doi.org/10.29039/02026-5>
4. Organophosphorus Neurotoxins: monograph / Eds. Varfolomeev S.D., Efremenko E.N. Moscow: RIOR, 2020. 380 p. <https://doi.org/10.29039/02026-5> (in Russian).
5. Samsidar A., Siddiquee S., Md Shaarani S. A review of extraction, analytical and advanced methods for determination of pesticides in environment and foodstuffs // Trends Food Sci. Technol. 2018. V. 71. P. 188–201. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2017.11.011>
6. Rotariu L., Lagarde F., Jaffrezic-Renault N., Bala C. Electrochemical biosensors for fast detection of food contaminants trends and perspective // Trac-Trends Anal. Chem. 2016. V. 79. P. 80–87. <https://doi.org/10.1016/j.trac.2015.12.017>
7. Díaz-González M., Gutiérrez-Capitán M., Niu P., et al. Electrochemical devices for the detection of priority pollutants listed in the EU water framework directive // Trac-Trends Anal. Chem. 2016. V. 77. P. 186–202. <https://doi.org/10.1016/j.trac.2015.11.023>
8. Songa E.A., Okonkwo J.O. Recent approaches to improving selectivity and sensitivity of enzyme-based biosensors for organophosphorus pesticides: a review // Talanta. 2016. V. 155. P. 289–304. <https://doi.org/10.1016/j.talanta.2016.04.046>
9. Amine A., Arduini F., Moscone D., Paleschi G. Recent advances in biosensors based on enzyme inhibition // Biosens. Bioelectron. 2016. V. 76. P. 180–194. <https://doi.org/10.1016/j.bios.2015.07.010>

8. Narendaran S.T., Meyyanathan S.N., Babu B. Review of pesticide residue analysis in fruits and vegetables. Pre-treatment, extraction and detection techniques // *Food Res. Int.* 2020. V. 133. P. e109141. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2020.109141>
9. Lyagin I., Efremenko E. Enzymes, reacting with organophosphorus compounds as detoxifiers: diversity and functions // *Int. J. Mol. Sci.* 2021. V. 22. P. e1761. <https://doi.org/10.3390/ijms22041761>
10. Hua X., Eremin S.A., Liu F., Wang M. Antibody developments and immunoassays for organophosphorus chemicals: a review // *Curr. Org. Chem.* 2017. V. 21. P. 2640–2652. <https://doi.org/10.2174/1385272821666170428122718>
11. Duan N., Wu S., Dai S. et al. Advances in aptasensors for the detection of food contaminants // *Analyst.* 2016. V. 141. P. 3942–3961. <https://doi.org/10.1039/c6an00952b>
12. Mahmoudpour M., Torbati M., Mousavi M.-M. et al. Nanomaterial-based molecularly imprinted polymers for pesticides detection: recent trends and future prospects // *TrAC-Trends Anal. Chem.* 2020. V. 129. P. e115943. <https://doi.org/10.1016/j.trac.2020.115943>
13. Mangas I., Estevez J., Vilanova E., França T.C. New insights on molecular interactions of organophosphorus pesticides with esterases // *Toxicology.* 2017. V. 376. P. 30–43. <https://doi.org/10.1016/j.tox.2016.06.006>
14. Liu D., Chen W., Wei J. et al. A highly sensitive, dual-readout assay based on gold nanoparticles for organophosphorus and carbamate pesticides // *Anal. Chem.* 2012. V. 84. P. 4185–4191. <https://doi.org/10.1021/ac300545p>
15. Wang P., Li H., Hassan M.M. et al. Fabricating an acetylcholinesterase modulated UCNPs-Cu²⁺ fluorescence biosensor for ultrasensitive detection of organophosphorus pesticides-diazinon in food // *J. Agric. Food Chem.* 2019. V. 67. P. 4071–4079. <https://doi.org/10.1021/acs.jafc.8b07201>
16. Long Q., Li H., Zhang Y., Yao S. Upconversion nanoparticle-based fluorescence resonance energy transfer assay for organophosphorus pesticides // *Biosens. Bioelectron.* 2015. V. 68. P. 168–174. <https://doi.org/10.1016/j.bios.2014.12.046>
17. Wu X., Wang P., Hou S. et al. Fluorescence sensor for facile and visual detection of organophosphorus pesticides using AIE fluorogens-SiO₂-MnO₂ sandwich nanocomposites // *Talanta.* 2019. V. 198. P. 8–14. <https://doi.org/10.1016/j.talanta.2019.01.082>
18. Korram J., Dewangan L., Nagwanshi R. et al. A carbon quantum dot-gold nanoparticles system as a probe for the inhibition and reactivation of acetylcholinesterase // *New J. Chem.* 2019. V. 43. P. 6874–6882. <https://doi.org/10.1039/C9NJ00555B>
19. Yang M., Liu M., Wu Z. et al. Carbon dots co-doped with nitrogen and chlorine for "off-on" fluorometric determination of the activity of acetylcholinesterase and for quantification of organophosphate pesticides // *Microchim. Acta.* 2019. V. 186. P. e585. <https://doi.org/10.1007/s00604-019-3715-z>
20. Cai Y., Fang J., Wang B. et al. A signal-on detection of organophosphorus pesticides by fluorescent probe based on aggregation-induced emission // *Sens. Actuator. B-Chem.* 2019. V. 292. P. 156–163. <https://doi.org/10.1016/j.snb.2019.04.123>
21. Silletti S., Rodio G., Pezzotti G. et al. An optical biosensor based on a multiaarray of enzymes for monitoring a large set of chemical classes in milk // *Sens. Actuator. B-Chem.* 2015. V. 215. P. 607–617. <https://doi.org/10.1016/j.snb.2015.03.092>
22. Huang N., Qin Y., Li M. et al. A sensitive fluorescence assay of organophosphorus pesticides using acetylcholinesterase and copper-catalyzed click chemistry // *Analyst.* 2019. V. 144. P. 3436–3441. <https://doi.org/10.1039/C9AN00260J>
23. Yao T., Liu A., Liu Y. et al. Ratiometric fluorescence sensor for organophosphorus pesticide detection based on opposite responses of two fluorescence reagents to MnO₂ nanosheets // *Biosens. Bioelectron.* 2019. V. 145. P. e111705. <https://doi.org/10.1016/j.bios.2019.111705>
24. Chungchai W., Amatongchai M., Meelapsom R. et al. Development of a novel three-dimensional microfluidic paper-based analytical device (3D-μPAD) for chlorpyrifos detection using graphene quantum-dot capped gold nanocomposite for colorimetric assay // *Int. J. Environ. Anal. Chem.* 2020. V. 100. P. 1160–1178. <https://doi.org/10.1080/03067319.2019.1650921>
25. Cao J., Wang M., She Y. et al. Rapid colorimetric determination of the pesticides carbofuran and dichlorvos by exploiting their inhibitory effect on the aggregation of peroxidase-mimicking platinum nanoparticles // *Microchim. Acta.* 2019. V. 186. P. e390. <https://doi.org/10.1007/s00604-019-3485-7>
26. Jin L., Hao Z., Zheng Q. et al. A facile microfluidic paper-based analytical device for acetylcholinesterase inhibition assay utilizing organic solvent extraction in rapid detection of pesticide residues in food // *Anal. Chim. Acta.* 2020. V. 1100. P. 215–224. <https://doi.org/10.1016/j.aca.2019.11.067>
27. Duan R., Hao X., Li Y., Li H. Detection of acetylcholinesterase and its inhibitors by liquid crystal biosensor based on whispering gallery mode // *Sens. Actuator. B-Chem.* 2020. V. 308. P. e127672. <https://doi.org/10.1016/j.snb.2020.127672>
28. Cetrangolo G.P., Gori C., Rusko J. et al. Determination of picomolar concentrations of paraoxon in human urine by fluorescence-based enzymatic assay // *Sensors.* 2019. V. 19. P. e4852. <https://doi.org/10.3390/s19224852>
29. Yan X., Li H., Wang X., Su X. A novel fluorescence probing strategy for the determination of parathion-methyl // *Talanta.* 2015. V. 131. P. 88–94. <https://doi.org/10.1016/j.talanta.2014.07.032>
30. Yan X., Li H., Yan Y., Su X. Selective detection of parathion-methyl based on near-infrared CuInS₂ quantum dots // *Food Chem.* 2015. V. 173. P. 179–184. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2014.09.152>
31. Zhang F., Liu Y., Ma P. et al. A Mn-doped ZnS quantum dots-based ratiometric fluorescence probe

- for lead ion detection and "off-on" strategy for methyl parathion detection // *Talanta*. 2019. V. 204. P. 13–19. <https://doi.org/10.1016/j.talanta.2019.05.071>
32. Thakur S., Kumar P., Reddy M.V. et al. Enhancement in sensitivity of fluorescence based assay for organophosphates detection by silica coated silver nanoparticles using organophosphate hydrolase // *Sens. Actuator. B-Chem.* 2013. V. 178. P. 458–464. <https://doi.org/10.1016/j.snb.2013.01.010>
33. Thakur S., Reddy M.V., Siddavattam D., Paul A.K. A fluorescence based assay with pyranine labeled hexa-histidine tagged organophosphorus hydrolase (OPH) for determination of organophosphates // *Sens. Actuator. B-Chem.* 2012. V. 163. P. 153–158. <https://doi.org/10.1016/j.snb.2012.01.024>
34. Ibarra Bouzada L.M.E., Hernández S.R., Kergaravat S.V. Glyphosate detection from commercial formulations: comparison of screening analytic methods based on enzymatic inhibition // *Int. J. Environ. Anal. Chem.* 2021. in press. <https://doi.org/10.1080/03067319.2019.1691176>
35. Yan X., Li H., Han X., Su X. A ratiometric fluorescent quantum dots based biosensor for organophosphorus pesticides detection by inner-filter effect // *Biosens. Bioelectron.* 2015. V. 74. P. 277–283. <https://doi.org/10.1016/j.bios.2015.06.020>
36. Diaz A.N., Sanchez F.G., Aguilar A. et al. Fast stopped-flow enzymatic sensing of fenitrothion in grapes and orange juice // *J. Food Compos. Anal.* 2015. V. 42. P. 187–192. <https://doi.org/10.1016/j.jfca.2015.04.005>
37. Dong J., Yang H., Li Y. et al. Fluorescence sensor for organophosphorus pesticide detection based on the alkaline phosphatase-triggered reaction // *Anal. Chim. Acta.* 2020. V. 1131. P. 102–108. <https://doi.org/10.1016/j.aca.2020.07.048>
38. Meng X., Wei J., Ren X. et al. A simple and sensitive fluorescence biosensor for detection of organophosphorus pesticides using H_2O_2 -sensitive quantum dots/bi-enzyme // *Biosens. Bioelectron.* 2013. V. 47. P. 402–407. <https://doi.org/10.1016/j.bios.2013.03.053>
39. Sahub C., Tuntulani T., Nhujak T., Tomapatanaget B. Effective biosensor based on graphene quantum dots via enzymatic reaction for directly photoluminescence detection of organophosphate pesticide // *Sens. Actuator. B-Chem.* 2018. V. 258. P. 88–97. <https://doi.org/10.1016/j.snb.2017.11.072>
40. Huang S., Yao J., Chu X. et al. One-step facile synthesis of nitrogen-doped carbon dots: a ratiometric fluorescent probe for evaluation of acetylcholinesterase activity and detection of organophosphorus pesticides in tap water and food // *J. Agric. Food Chem.* 2019. V. 67. P. 11244–11255. <https://doi.org/10.1021/acs.jafc.9b03624>
41. Sahin A., Dooley K., Cropek D.M. et al. A dual enzyme electrochemical assay for the detection of organophosphorus compounds using organophosphorus hydrolase and horseradish peroxidase // *Sens. Actuator. B-Chem.* 2011. V. 158. P. 353–360. <https://doi.org/10.1016/j.snb.2011.06.034>
42. Drechsel L., Schulz M., von Stetten F. et al. Electrochemical pesticide detection with AutoDip-a portable platform for automation of crude sample analyses // *Lab Chip*. 2015. V. 15. P. 704–710. <https://doi.org/10.1039/c4lc01214c>
43. Zhao H., Ji X., Wang B. et al. An ultra-sensitive acetylcholinesterase biosensor based on reduced graphene oxide-Au nanoparticles- β -cyclodextrin/Prussian blue-chitosan nanocomposites for organophosphorus pesticides detection // *Biosens. Bioelectron.* 2015. V. 65. P. 23–30. <https://doi.org/10.1016/j.bios.2014.10.007>
44. He L., Cui B., Liu J. et al. Novel electrochemical biosensor based on core-shell nanostructured composite of hollow carbon spheres and polyaniline for sensitively detecting malathion // *Sens. Actuator. B-Chem.* 2018. V. 258. P. 813–821. <https://doi.org/10.1016/j.snb.2017.11.161>
45. Wei W., Dong S., Huang G. et al. MOF-derived Fe_2O_3 nanoparticle embedded in porous carbon as electrode materials for two enzyme-based biosensors // *Sens. Actuator. B-Chem.* 2018. V. 260. P. 189–197. <https://doi.org/10.1016/j.snb.2017.12.207>
46. Lang Q., Han L., Hou C. et al. A sensitive acetylcholinesterase biosensor based on gold nanorods modified electrode for detection of organophosphate pesticide // *Talanta*. 2016. V. 156–157. P. 34–41. <https://doi.org/10.1016/j.talanta.2016.05.002>
47. Kaur N., Thakur H., Prabhakar N. Conducting polymer and multi-walled carbon nanotubes nanocomposites based amperometric biosensor for detection of organophosphate // *J. Electroanal. Chem.* 2016. V. 775. P. 121–128. <https://doi.org/10.1016/j.jelechem.2016.05.037>
48. Zou B., Chu Y., Xia J. Monocrotophos detection with a bienzyme biosensor based on ionic-liquid-modified carbon nanotubes // *Anal. Bioanal. Chem.* 2019. V. 411. P. 2905–2914. doi:10.1007/s00216-019-01743-z
49. Chen D., Liu Z., Fu J. et al. Electrochemical acetylcholinesterase biosensor based on multi-walled carbon nanotubes/dicyclohexyl phthalate modified screen-printed electrode for detection of chlorpyrifos // *J. Electroanal. Chem.* 2017. V. 801. P. 185–191. <https://doi.org/10.1016/j.jelechem.2017.06.032>
50. Thakkar J.B., Gupta S., Prabha C.R. Acetylcholine esterase enzyme doped multiwalled carbon nanotubes for the detection of organophosphorus pesticide using cyclic voltammetry // *Int. J. Biol. Macromol.* 2019. V. 137. P. 895–903. <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2019.06.162>
51. Mahmoudi E., Fakhri H., Hajian A. et al. High-performance electrochemical enzyme sensor for organophosphate pesticide detection using modified metal-organic framework sensing platforms // *Bioelectrochemistry*. 2019. V. 130. P. e107348. <https://doi.org/10.1016/j.bioelechem.2019.107348>
52. Song D., Wang Y., Lu X. et al. Ag nanoparticles-decorated nitrogen-fluorine co-doped monolayer MoS_2 nanosheet for highly sensitive electrochemical sensing of organophosphorus pesticides // *Sens. Actuator. B-Chem.* 2018. V. 267. P. 5–13. <https://doi.org/10.1016/j.snb.2018.04.016>
53. Lu X., Tao L., Song D. et al. Bimetallic Pd@

Au nanorods based ultrasensitive acetylcholinesterase biosensor for determination of organophosphate pesticides // *Sens. Actuator. B-Chem.* 2018. V. 255. P. 2575–2581. <https://doi.org/10.1016/j.snb.2017.09.063>

54. Jiang Y., Zhang X., Pei L. et al. Silver nanoparticles modified two-dimensional transition metal carbides as nanocarriers to fabricate acetylcholinesterase-based electrochemical biosensor // *Chem. Eng. J.* 2018. V. 339. P. 547–556. <https://doi.org/10.1016/j.cej.2018.01.111>

55. Song D., Li Y., Lu X. et al. Palladium-copper nanowires-based biosensor for the ultrasensitive detection of organophosphate pesticides // *Anal. Chim. Acta.* 2017. V. 982. P. 168–175. <https://doi.org/10.1016/j.aca.2017.06.004>

56. Lu X., Li Y., Tao L. et al. Amorphous metal boride as a novel platform for acetylcholinesterase biosensor development and detection of organophosphate pesticides // *Nanotechnology.* 2019. V. 30. e055501. <https://doi.org/10.1088/1361-6528/aace3f>

57. Hu T., Xu J., Ye Y. et al. Visual detection of mixed organophosphorous pesticide using QD-AChE aerogel based microfluidic arrays sensor // *Biosens. Bioelectron.* 2019. V. 136. P. 112–117. <https://doi.org/10.1016/j.bios.2019.04.036>

58. Sigolaeva L.V., Gladyr S.Y., Mergel O. et al. Easy-preparable butyrylcholinesterase/microgel construct for facilitated organophosphate biosensing // *Anal. Chem.* 2017. V. 89. P. 6091–6098. <https://doi.org/10.1021/acs.analchem.7b00732>

59. Matějovský L., Pitschmann V. A strip biosensor with guinea green B and fuchsin basic color indicators on a glass nanofiber carrier for the cholinesterase detection of nerve agents // *ACS Omega.* 2019. V. 4. P. 20978–20986. <https://doi.org/10.1021/acsomega.9b02153>

60. Febbraio F., Merone L., Cetrangolo G.P. et al. Thermostable esterase 2 from *Alicyclobacillus acidocaldarius* as biosensor for the detection of organophosphate pesticides // *Anal. Chem.* 2011. V. 83. P. 1530–1536. <https://doi.org/10.1021/ac102025z>

61. Zhao Y., Zhang W., Lin Y., Du D. The vital function of $\text{Fe}_3\text{O}_4/\text{Au}$ nanocomposites for hydrolase biosensor design and its application in detection of methyl parathion // *Nanoscale.* 2013. V. 5. P. 1121–1126. <https://doi.org/10.1039/c2nr33107a>

62. Anh D.H., Cheunrungsikul K., Wichitwechkarn J., Surareungchai W. A colorimetric assay for determination of methyl parathion using recombinant methyl parathion hydrolase // *Biotechnol. J.* 2011. V. 6. P. 565–571. <https://doi.org/10.1002/biot.201000348>

63. Mishra R.K., Vinu Mohan A.M., Soto F. et al. A microneedle biosensor for minimally-invasive transdermal detection of nerve agents // *Analyst.* 2017. V. 142. P. 918–924. <https://doi.org/10.1039/c6an02625g>

64. Choi B.G., Park H., Park T.J. et al. Solution chemistry of self-assembled graphene nanohybrids for high-performance flexible biosensors // *ACS Nano.* 2010. V. 4. P. 2910–2918. <https://doi.org/10.1021/nn100145x>

65. Lee J.H., Park J.Y., Min K. et al. A novel organophosphorus hydrolase-based biosensor

using mesoporous carbons and carbon black for the detection of organophosphate nerve agents // *Biosens. Bioelectron.* 2010. V. 25. P. 1566–1570. <https://doi.org/10.1016/j.bios.2009.10.013>

66. Tuteja S.K., Kukkar M., Kumar P. et al. Synthesis and characterization of silica-coated silver nanoprobe for paraoxon pesticide detection // *BioNanoScience.* 2014. V. 4. P. 149–156. <https://doi.org/10.1007/s12668-014-0129-6>

67. Mishra R.K., Alonso G.A., Istamboulie G. et al. Automated flow based biosensor for quantification of binary organophosphates mixture in milk using artificial neural network // *Sens. Actuator. B-Chem.* 2015. V. 208. P. 228–237. <https://doi.org/10.1016/j.snb.2014.11.011>

68. Alonso G.A., Istamboulie G., Noguer T. et al. Rapid determination of pesticide mixtures using disposable biosensors based on genetically modified enzymes and artificial neural networks // *Sens. Actuator. B-Chem.* 2012. V. 164. P. 22–28. <https://doi.org/10.1016/j.snb.2012.01.052>

69. El-Moghazy A.Y., Soliman E.A., Ibrahim H.Z. et al. Ultra-sensitive biosensor based on genetically engineered acetylcholinesterase immobilized in poly (vinyl alcohol)/Fe–Ni alloy nanocomposite for phosmet detection in olive oil // *Food Chem.* 2016. V. 203. P. 73–78. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2016.02.014>

70. Jin R., Kong D., Zhao X. et al. Tandem catalysis driven by enzymes directed hybrid nanoflowers for on-site ultrasensitive detection of organophosphorus pesticide // *Biosens. Bioelectron.* 2019. V. 141. P. e111473. <https://doi.org/10.1016/j.bios.2019.111473>

71. Montali L., Calabretta M.M., Lopreside A. et al. Multienzyme chemiluminescent foldable biosensor for on-site detection of acetylcholinesterase inhibitors // *Biosens. Bioelectron.* 2020. V. 162. e112232. <https://doi.org/10.1016/j.bios.2020.112232>

72. Chen D., Wang J., Xu Y. Highly sensitive lateral field excited piezoelectric film acoustic enzyme biosensor // *IEEE Sens. J.* 2013. V. 13. P. 2217–2222. <https://doi.org/10.1109/JSEN.2012.2237508>

73. Chen D., Wang J., Xu Y., Zhang L. A thin film electro-acoustic enzyme biosensor allowing the detection of trace organophosphorus pesticides // *Anal. Biochem.* 2012. V. 429. P. 42–44. <https://doi.org/10.1016/j.ab.2012.07.002>

74. Chen D., Wang J., Xu Y. et al. Highly sensitive detection of organophosphorus pesticides by acetylcholinesterase-coated thin film bulk acoustic resonator mass-loading sensor // *Biosens. Bioelectron.* 2013. V. 41. P. 163–167. <https://doi.org/10.1016/j.bios.2012.08.018>

75. Zhang Y., Liu H., Yang Z. et al. An acetylcholinesterase inhibition biosensor based on a reduced graphene oxide/silver nanocluster/chitosan nanocomposite for detection of organophosphorus pesticides // *Anal. Methods.* 2015. V. 7. P. 6213–6219. <https://doi.org/10.1039/C5AY01439E>

76. Badawy M.E.I., Taktak N.E.M. Design and optimization of bioactive paper immobilized with acetylcholinesterase for rapid detection of

organophosphorus and carbamate insecticides // *Curr. Biotechnol.* 2018. V. 7. P. 392–404. <https://doi.org/10.2174/2211550108666181126121102>

77. Qi F., Lan Y., Meng Z. et al. Acetylcholinesterase-functionalized two-dimensional photonic crystals for the detection of organophosphates // *RSC Adv.* 2018. V. 8. P. 29385–29391. <https://doi.org/10.1039/C8RA04953J>

78. Qi F., Yan C., Meng Z. et al. Acetylcholinesterase-functionalized two-dimensional photonic crystal for the sensing of G-series nerve agents // *Anal. Bioanal. Chem.* 2019. V. 411. P. 2577–2585. <https://doi.org/10.1007/s00216-019-01700-w>

79. Liu G., Guo W., Yin Z. Covalent fabrication of methyl parathion hydrolase on gold nanoparticles modified carbon substrates for designing a methyl parathion biosensor // *Biosens. Bioelectron.* 2014. V. 53. P. 440–446. <https://doi.org/10.1016/j.bios.2013.10.025>

80. Krepker M.A., Segal E. Dual-functionalized porous Si/hydrogel hybrid for label-free biosensing of organophosphorus compounds // *Anal. Chem.* 2013. V. 85. P. 7353–7360. <https://doi.org/10.1021/ac4011815>

81. Stoytcheva M., Zlatev R., Gochev V. et al. Amperometric biosensor precision improvement: application to organophosphorus pesticide determination // *Anal. Methods.* 2014. V. 6. P. 8232–8238. <https://doi.org/10.1039/C4AY01792G>

82. Mehta J., Dhaka S., Paul A.K. et al. Organophosphate hydrolase conjugated UiO-66-NH₂ MOF based highly sensitive optical detection of methyl parathion // *Environ. Res.* 2019. V. 174. P. 46–53. <https://doi.org/10.1016/j.envres.2019.04.018>

83. Mehta J., Dhaka S., Bhardwaj N. et al. Application of an enzyme encapsulated metal-organic framework composite for convenient sensing and degradation of methyl parathion // *Sens. Actuator. B-Chem.* 2019. V. 290. P. 267–274. <https://doi.org/10.1016/j.snb.2019.03.116>

84. Goud K.Y., Teymourian H., Sandhu S.S. et al. OPAA/fluoride biosensor chip towards field detection of G-type nerve agents // *Sens. Actuator. B-Chem.* 2020. V. 320. P. e128344. <https://doi.org/10.1016/j.snb.2020.128344>

85. Zehani N., Kherrat R., Dzyadevych S.V., Jaffrezic-Renault N. A microconductometric biosensor based on lipase extracted from *Candida rugosa* for direct and rapid detection of organophosphate pesticides // *Int. J. Environ. Anal. Chem.* 2015. V. 95. P. 466–479. <https://doi.org/10.1080/03067319.2015.1036864>

86. Chen C.-H., Yang K.-L. A liquid crystal biosensor for detecting organophosphates through the localized pH changes induced by their hydrolytic products // *Sens. Actuator. B-Chem.* 2013. V. 181. P. 368–374. <https://doi.org/10.1016/j.snb.2013.01.036>

87. El-Moghazy A.Y., Soliman E.A., Ibrahim H.Z. et al. Biosensor based on electrospun blended chitosan-poly (vinyl alcohol) nanofibrous enzymatically sensitized membranes for pirimiphos-methyl detection in olive oil // *Talanta.* 2016. V. 155. P. 258–264. <https://doi.org/10.1016/j.talanta.2016.04.018>

88. Zhang Y., Arugula M.A., Wales M. et al. A novel layer-by-layer assembled multi-enzyme/

CNT biosensor for discriminative detection between organophosphorus and non-organophosphorus pesticides // *Biosens. Bioelectron.* 2015. V. 67. P. 287–295. <https://doi.org/10.1016/j.bios.2014.08.036>

89. Dominguez R.B., Alonso G.A., Muñoz R. et al. Design of a novel magnetic particles based electrochemical biosensor for organophosphate insecticide detection in flow injection analysis // *Sens. Actuator. B-Chem.* 2015. V. 208. P. 491–496. <https://doi.org/10.1016/j.snb.2014.11.069>

90. Döring J., Rettke D., Rödel G. et al. Surface functionalization by hydrophobin-EPSPS fusion protein allows for the fast and simple detection of glyphosate // *Biosensors.* 2019. V. 9. P. e104. <https://doi.org/10.3390/bios9030104>

91. Lan W., Chen G., Cui F. et al. Development of a novel optical biosensor for detection of organophosphorus pesticides based on methyl parathion hydrolase immobilized by metal-chelate affinity // *Sensors.* 2012. V. 12. P. 8477–8490. <https://doi.org/10.3390/s120708477>

92. Kim B.S., Kim G.W., Heo N.S. et al. Development of a portable biosensor system for pesticide detection on a metal chip surface integrated with wireless communication // *Food Sci. Biotechnol.* 2015. V. 24. P. 743–750. <https://doi.org/10.1007/s10068-015-0096-x>

93. Yang M., Choi B.G., Park T.J. et al. Site-specific immobilization of gold binding polypeptide on gold nanoparticle-coated graphene sheet for biosensor application // *Nanoscale.* 2011. V. 3. P. 2950–2956. <https://doi.org/10.1039/c1nr10197h>

94. Istamboulie G., Durbiano R., Fournier D. et al. Biosensor-controlled degradation of chlorpyrifos and chlorfenvinfos using a phosphotriesterase-based detoxification column // *Chemosphere.* 2010. V. 78. P. 1–6. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2009.10.037>

95. Kergaravat S.V., Fabiano S.N., Soutullo A.R., Hernández S.R. Comparison of the performance analytical of two glyphosate electrochemical screening methods based on peroxidase enzyme inhibition // *Microchem. J.* 2021. V. 160, Part A. P. e105654. <https://doi.org/10.1016/j.microc.2020.105654>

96. Gomari M.M., Saraygord-Afshari N., Farsimadan M. et al. Opportunities and challenges of the tag-assisted protein purification techniques: Applications in the pharmaceutical industry // *Biotechnol. Adv.* 2020. V. 45. P. e107653. <https://doi.org/10.1016/j.biotechadv.2020.107653>

97. Martynko E., Kirsanov D. Application of chemometrics in biosensing: a review // *Biosensors.* 2020. V. 10. P. e100. <https://doi.org/10.3390/bios10080100>

98. Mishra R.K., Barfidokht A., Karajic A. et al. Wearable potentiometric tattoo biosensor for on-body detection of G-type nerve agents simulants // *Sens. Actuator. B-Chem.* 2018. V. 273. P. 966–972. <https://doi.org/10.1016/j.snb.2018.07.001>

99. Fleischauer V., Heo J. An organophosphate sensor based on photo-crosslinked hydrogel-entrapped *E. coli* // *Anal. Sci.* 2014. V. 30. P. 937–942. <https://doi.org/10.2116/analsci.30.937>

100. Tang X., Liang B., Yi T. et al. Cell surface display of organophosphorus hydrolase for sensitive spectrophotometric detection of p-nitrophenol substituted organophosphates // *Enzyme Microb. Technol.* 2014. V. 55. P. 107–112. <https://doi.org/10.1016/j.enzmictec.2013.10.006>
101. Zhang H., Li Q., Ye T., Zhang Z., Li L. Optimization of the whole-cell catalytic activity of recombinant *Escherichia coli* cells with surface-immobilized organophosphorus hydrolase // *J. Environ. Biol.* 2013. V. 34. P. 315–319.
102. Liu R., Yang C., Xu Y. et al. Development of a whole-cell biocatalyst/biosensor by display of multiple heterologous proteins on the *Escherichia coli* cell surface for the detoxification and detection of organophosphates // *J. Agric. Food Chem.* 2013. V. 61. P. 7810–7816. <https://doi.org/10.1021/jf402999b>
103. Tang X., Zhang T., Liang B. et al. Sensitive electrochemical microbial biosensor for p-nitrophenylorganophosphates based on electrode modified with cell surface-displayed organophosphorus hydrolase and ordered mesopore carbons // *Biosens. Bioelectron.* 2014. V. 60. P. 137–142. <https://doi.org/10.1016/j.bios.2014.04.001>
104. Liang B., Han L. Displaying of acetylcholinesterase mutants on surface of yeast for ultra-trace fluorescence detection of organophosphate pesticides with gold nanoclusters // *Biosens. Bioelectron.* 2020. V. 148. P. e111825. <https://doi.org/10.1016/j.bios.2019.111825>
105. Kim C., Choi B.H., Seo J.H. et al. Mussel adhesive protein-based whole cell array biosensor for detection of organophosphorus compounds // *Biosens. Bioelectron.* 2013. V. 41. P. 199–204. <https://doi.org/10.1016/j.bios.2012.08.022>
106. Efremenko E., Lyagin I., Senko O. et al. Bioluminescent nano- and micro-biosensing elements for detection of organophosphorus compounds / Eds. Rai M., Reshetilov A., Plekhanova Y., Ingle A.P. // *Macro, Micro, and Nano-Biosensors*. Springer, Cham, 2021. Ch. 14. P. 239–261. https://doi.org/10.1007/978-3-030-55490-3_14
107. Tamayo J., Kosaka P.M., Ruz J.J. et al. Biosensors based on nanomechanical systems // *Chem. Soc. Rev.* 2013. V. 42. P. 1287–1311. <https://doi.org/10.1039/C2CS35293A>
108. Arduini F., Moscone D. Chapter Five – Multifarious aspects of electrochemical paper-based (bio)sensors / Ed. Merkoçi A. // *Comprehensive Analytical Chemistry*. Elsevier, Netherlands, Amsterdam. Volume 89. 2020. Chapter 5. P. 139–161. <https://doi.org/10.1016/bs.coac.2020.01.001>
109. Al Mamun M.A., Yuce M.R. Recent progress in nanomaterial enabled chemical sensors for wearable environmental monitoring applications // *Adv. Funct. Mater.* 2020. V. 30. P. 2005703. <https://doi.org/10.1002/adfm.202005703>
110. Yucesoy D.T., Khatayevich D., Tamerler C., Sarikaya M. Rationally designed chimeric solid-binding peptides for tailoring solid interfaces // *Med. Devices Sens.* 2020. V. 3. P. e10065. <https://doi.org/10.1002/mds3.10065>
111. Yuan M., Yu J., Cao H., Xu F. Effective improvement in performance of a miniature FIA-calorimetric biosensing system via denoising column addition and flow rate optimization // *Sens. Actuator. B-Chem.* 2016. V. 229. P. 492–498. <https://doi.org/10.1016/j.snb.2016.01.068>
112. Li S., Zhao J., Huang R. et al. Use of high-throughput enzyme-based assay with xenobiotic metabolic capability to evaluate the inhibition of acetylcholinesterase activity by organophosphorus pesticides // *Toxicol. In Vitro.* 2019. V. 56. P. 93–100. <https://doi.org/10.1016/j.tiv.2019.01.002>

Об авторах

Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, химический факультет, 199991, Российская Федерация, г. Москва, Ленинские горы, д. 1, стр. 3.

Ефременко Елена Николаевна. Заведующая лабораторией эколобиокатализа кафедры химической энзимологии, д-р биол. наук, профессор.

Лягин Илья Владимирович. Старший научный сотрудник кафедры химической энзимологии, канд. хим. наук.

Контактная информация для всех авторов: elena_efremenko@list.ru
Контактное лицо: Ефременко Елена Николаевна; elena_efremenko@list.ru

Enzymes and Their Forms Used in Detection of Organophosphorus Compounds

I.V. Lyagin, E.N. Efremenko

Lomonosov Moscow State University, Chemistry Faculty, Lenin Hills, 1/3 Moscow, 119991 Russian Federation

Received 20 January 2021. Accepted for publication 20 March 2021

Enzymes are able to effectively interact with various organophosphorus compounds (OPC), entering into (bio)chemical reactions with them. Changes in the initial activity of enzymes as a result of their inhibition by OPC, the formation of OPC degradation products under the action of hydrolytic enzymes, etc. can be determined using different physical and chemical methods and used in bioanalytic systems to determine the concentrations of OPC. *The purpose of the review* is to analyze the main scientific results achieved over the past 10 years in the development of analytical systems based on enzymes intended for the determination of OPC. It is shown in the article, that the requirements for the sensitivity of biosensors are based on the norms of the content of the analyzed substances detected in/at the objects of mandatory control. The cholinesterases compose a basis for the development of the largest number of ultra-sensitive biosensors, although other enzymes can be successfully used as a biosensitive element. The most technologically advanced solution that is close to the practical implementation seems to be bioanalytical systems using immobilized enzymes. Improving the detection limits of the OPC can be achieved by using nanoobjects together with modern methods of signal transducers, for example, with nanomechanical detectors and signal converters. This combination of technical solutions ensures the sensitivity of the OPC analysis up to pg/l. At present, «reagentless» systems have received significant development, which have become the basis for the production of a large number of commercially available strips for the express determination of OPC. Modern demands stimulate the rapid development of portable and, especially, wearable biosensors that can be attached to various surfaces, including a clothing. The progress in the development of affine amino acid sequences, in the future, will allow the creation of enzyme biosensors on any surface.

Keywords: *acetylcholinesterase; biosensitive element; butyrylcholinesterase; pesticides; hydrolysis; immobilization; inhibition; mutagenicity; neurotoxicity; oncogenicity; organophosphate hydrolase; enzyme; organophosphorus compounds; assay sensitivity.*

For citation: Lyagin I.V., Efremenko E.N. Enzymes and their forms used in detection of organophosphorus compounds // *Journal of NBC Protection Corps*. 2021. V. 5. №. 1 P. 22–41. <https://doi.org/10.35825/2587-5728-2021-5-1-22-41>

This work was carried out in the frame of state project «Molecular design, structure-function analysis and regulation of enzyme systems, cellular structures, bionanomaterials: fundamental basis and applications in technology, medicine, environmental protection» (AAAA-A21-121011290089-4).

Conflict of interest statement

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

Peer review information

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

References

See P. 35–40.

Authors

Lomonosov Moscow State University, Faculty of Chemistry, Leninskie Gory 1-3, Moscow 199991, Russian Federation
Elena Nikolaevna Efremenko. Head of Laboratory of Ecobiocatalysts of Chemical Enzymology Department, Doctor of Biological Sciences, Professor.

Ilya Vladimirovich Lyagin. Senior Researcher of Chemical Enzymology Department, Candidate of Chemical Sciences.

Contact information for all authors: elena_efremenko@list.ru

Contact person: Elena Nikolaevna Efremenko; elena_efremenko@list.ru

Оценка потенциальной опасности коронавирусов животных как патогенов человека

Т.Е. Сизикова, В.Н. Лебедев, С.В. Борисевич

Федеральное государственное бюджетное учреждение
«48 Центральный научно-исследовательский институт»
Министерства обороны Российской Федерации, 141306,
Российская Федерация, г. Сергиев Посад, ул. Октябрьская, д. 11

Поступила 02.02.2021 г. Принята к публикации 20.03.2021 г.

Интродукция коронавируса SARS-CoV-2 из природного резервуара в человеческую популяцию, впоследствии вызвавшая пандемию COVID-19, оказавшую огромное влияние на все сферы деятельности человечества, повысила интерес к данной группе вирусов. С учетом того, что такая интродукция коронавируса была уже третьей по счету в XXI в. (после вспышек, вызванных вирусами SARS-CoV и MERS-CoV), имеются достаточно веские основания опасаться в дальнейшем появления новых заболеваний, этиологическими агентами которых будут представители семейства Coronaviridae. Цель обзора – оценка потенциальной опасности коронавирусов животных как возможных патогенов человека. Рассмотрены: спонтанное формирование в процессе эволюции коронавирусов животных, являющихся патогенными для человека; возможность трансмиссии коронавируса человека животным, его генетическое взаимодействие с этим возбудителем, приобретение вирусным потомством набора новых свойств и обратная трансмиссия от животного к человеку возбудителя. Коронавирусы животных рассмотрены по принадлежности к определенной таксономической группе их естественных хозяев. Основное внимание уделено коронавирусам летучих мышей (как животных, являющихся резервуаром вирусов SARS-CoV, MERS-CoV и SARS-CoV-2), коронавирусам птиц, ввиду потенциальной способности данных теплокровных стать векторами распространения новых эмерджентных заболеваний, а также коронавирусам плотоядных, ввиду установленной возможности трансмиссии вируса SARS-CoV-2 от человека к норкам и от норок – к человеку. Изучение особенностей молекулярной эволюции коронавирусов животных поможет лучше понять механизмы возникновения и адаптации к человеку возбудителей эмерджентных вирусных заболеваний.

Ключевые слова: COVID-19; вирус MERS-CoV; вирус SARS-CoV; вирус SARS-CoV-2; генетическая рекомбинация; коронавирусы; молекулярная эволюция; плотоядные; птицы; рукокрылые.

Библиографическое описание: Сизикова Т.Е., Лебедев В.Н., Борисевич С.В. Оценка потенциальной опасности коронавирусов животных как патогенов человека // Вестник войск РХБ защиты. 2021. Т. 5. № 1. С. 42–53. <https://doi.org/10.35825/2587-5728-2021-5-1-42-53>

Появление в конце 2019 г. заболевания (COVID-19)¹, вызванного новым коронавирусом SARS-CoV-2, стало третьим проявлением (18 лет после появления SARS и 8 лет после появления MERS) эмерджентных коронавирусных инфекций в XXI в. В отличие от вспы-

шек SARS и MERS, распространение COVID-19 приняло характер глобальной пандемии [1].

Новое заболевание начало распространение в декабре 2019 г. в г. Ухань, провинция Хубэй (КНР). Первичным эпицентром заболевания стал рынок

¹ Название нового вируса и вызванной им болезни определено ВОЗ 11.02.2020 г. следующим образом: возбудитель болезни – коронавирус тяжелого острого респираторного синдрома 2 (severe acute respiratory syndrome coronavirus 2, SARS-CoV-2). Болезнь – коронавирусное заболевание 2019 (Coronavirus Disease 2019, COVID-19). Распространение SARS-CoV-2 с указанием количества заболевших (с подтвержденным диагнозом), выздоровевших, находящихся на лечении и погибших по странам отражается в реальном времени на ресурсе Университета Джонса Хопкинса (США) – Coronavirus COVID-19 Global Cases by Johns Hopkins CSSE. URL: <https://gisanddata.maps.arcgis.com/apps/opsdashboard/index.html#/bda7594740fd40299423467b48e9ecf6> (дата обращения: 29.02.2020). **ПРИМЕЧАНИЕ РЕДАКЦИИ.**

морепродуктов, на котором продавались многие виды домашних и диких животных [2]. В дальнейшем эпидемия распространилась не только в пределах КНР и соседних с ним государств, но и на все континенты [3]².

До появления вируса SARS-CoV были известны только два патогенных для человека коронавируса: HCoV-229E – альфакоронавирус, естественным резервуаром которого в природе являются рукокрылые, передающийся к человеку через альпака, и HCoV-OC43 – бетакоронавирус, резервуаром которого являются грызуны, передающийся человеку от крупного рогатого скота [4, 5]. Респираторные заболевания, вызванные коронавирусами, занимают значительную долю (до 15 %) всех респираторных инфекций. Но упомянутые выше коронавирусы вызывают мягко протекающую респираторную инфекцию и не представляют особой проблемы для здравоохранения.

В 2002 г. было зарегистрировано появление нового коронавируса (SARS-CoV), являющегося этиологическим агентом SARS. Циркуляция в течение 2002–2003 гг. данного возбудителя привела к более чем 8 тыс. случаев заболевания, клиническая картина которого характеризовалась первичной вирусной пневмонией с выраженным респираторным синдромом. Летальность среди заболевших составляла около 10 % [6].

После эпидемии SARS в 2002–2003 гг. были открыты еще два патогенных для человека коронавируса – альфакоронавирус HCoV-NL63 и бетакоронавирус HCoV-HKU1, которые передаются от рукокрылых и грызунов соответственно. Эти коронавирусы человека, как и вирусы HCoV-229E и HCoV-OC43, вызывали у иммунокомпетентных больных легкую форму заболевания [3].

В 2012 г. ВОЗ сообщила о выявлении нового коронавируса, возбудителя тяжелой респираторной инфекции, впоследствии получившего название «коронавирус – возбудитель Ближневосточного респираторного синдрома (MERS-CoV)» [7]. Летальность среди заболевших MERS составляет около 35 %³.

Вызывающие тяжелые заболевания человека вирусы SARS-CoV и MERS-CoV представляют собой два неродственных коронавируса, резервуаром которых являются рукокрылые, а промежуточными хозяевами, через которых происходит заражение человека – пальмовые кошки – циветты и верблюды дромадеры соответственно. Появление вируса SARS-

CoV-2 также стало следствием зоонозной трансмиссии человеку коронавирусов животных.

Цель обзора – оценка потенциальной опасности коронавирусов животных как возможных патогенов человека.

Рассмотрены следующие проблемы:

- спонтанное формирование в процессе эволюции коронавируса животных, являющегося патогенным для человека;
- возможность трансмиссии какого-либо коронавируса человека животным, при котором возможно его генетическое взаимодействие с коронавирусом, хозяином которого является это животное, с последующим приобретением вирусным потомством набора новых свойств и обратная трансмиссия от животного к человеку.

Коронавирусы животных приведены по их принадлежности к определенной таксономической группе их естественных хозяев. Основное внимание уделено:

- коронавирусам летучих мышей, как вида животных, являющихся резервуаром вирусов SARS-CoV, MERS-CoV и SARS-CoV-2;
- коронавирусам птиц, ввиду потенциальной способности данных животных стать векторами распространения новых эмерджентных заболеваний;
- коронавирусам плотоядных, ввиду установленного в ходе пандемии COVID-19 факта трансмиссии вируса SARS-CoV-2 от человека к норкам и от норок – к человеку⁴;
- коронавирусам жвачных животных и лошадей, так как эти животные имеют постоянный или временный контакт с рукокрылыми и человеком.

Коронавирусы, патогенные для человека. Относятся к родам *Alphacoronavirus* и *Betacoronavirus*, причем только возбудители, относящиеся к последнему роду, вызывают опасные инфекционные заболевания. Перечень известных к настоящему времени коронавирусов человека с указанием их таксономических характеристик, возможных предков и вызываемых ими заболеваний приведен в таблице 1.

Появление за последние двадцать лет из зоонозного резервуара трех патогенных для человека коронавирусов, способных вызывать эпидемии или даже пандемии и оказывать негативное влияние на системы здравоохранения, вызывает необходимость провести анализ коронавирусов животных как потенциальных источников патогенных для человека коронавирусов.

² Имеются основания считать, что SARS-CoV-2 циркулировал среди людей (или в еще неустановленном природном резервуаре) в Южной Европе раньше, чем его обнаружили в Китае. Генетический материал SARS-CoV-2 обнаружен в образцах сточных вод испанского города Барселоны, отобранных в марте 2019 г. См. Detectan el SARS-CoV-2 en aguas residuales recogidas en Barcelona el 12 marzo de 2019. URL: https://www.ub.edu/web/ub/es/menu_eines/noticies/2020/06/042.html (дата обращения: 10.08.2020). **ПРИМЕЧАНИЕ РЕДАКЦИИ.**

³ World Health Organization. Middle East respiratory syndrome (MERS-CoV). URL: <http://www.int/emergencies/mers-cov/tn/> (дата обращения: 20.01.2021).

⁴ URL: <https://news.ru/europe/v-grecii-vyyavili-fermy-s-mutirovavshim-koronavirusom-u-norok/> (дата обращения: 21.01.2021).

Таблица 1 – Коронавирусы человека

Род	Подрод	Вирус	Возможный предок	Характеристика заболевания	Источник
Alphacoronavirus	Setracovirus	HCoV-NL63	NL63 родственный коронавирусу рукокрылых, штамм BtKYNL63-9b	Мягкое респираторное заболевание	[8, 9]
	Duvinacovirus	HCoV-229E	Коронавирус альпака		[10, 11]
Betacoronavirus	Embecovirus	HCoV-OC43	Бычий коронавирус		[12]
		HCoV-NKU1	Коронавирусы грызунов		[13]
	Sarbecovirus	SARS-CoV	Рекомбинация между SARS-родственным коронавирусом и коронавирусом летучих мышей <i>Rinolophus</i>	SARS, летальность 10 %	[14]
	Merbecovirus	MERS-CoV	Коронавирус летучих мышей <i>Neoromica capensis</i>	MERS, летальность 35 %	[7]
	Sarbecovirus	SARS-CoV-2	Неизвестен, 96,2 % идентичности с между SARS-родственным коронавирусом летучих мышей BatCoV RaTG13	COVID-19 ОРДСС, летальность 3–4 %	[1, 15]

В настоящее время выделяют четыре рода коронавирусов (альфа-, бета-, гамма- и дельта-), резервуаром которых в природе являются грызуны и летучие мыши (для альфа- и бета-коронавирусов) и птицы (для гамма- и дельта-коронавирусов). Из естественного резервуара коронавирусы могут переходить к другим животным, в том числе и человеку, при этом трансмиссия человеку обычно осуществляется через промежуточного хозяина [2]. Каждый род коронавирусов разделен на подроды, количество которых для альфа-, бета-, гамма- и дельтакоронавирусов составляет 13, 5, 4 и 2 соответственно.

Коронавирусы характеризуются высоким уровнем генетической пластичности и быстро эволюционируют, изменяя свои антигенные свойства, тканевой тропизм и чувствительных хозяев в результате различных механизмов. Вирусная РНК-зависимая РНК-полимераза (RdRp) не обладает хорошей считывающей способностью, следовательно, в каждом репликационном цикле возможны ошибки считывания, ведущие к накоплению мутаций вирусного генома, приводящих к появлению отличительных признаков у вирусного потомства по отношению к исходному штамму вируса. Этот механизм, хорошо изученный для вируса гриппа, ответственный за антигенный дрейф, может быть причиной прогрессирующей адаптации белков оболочки вируса к клеточным рецепторам нового хозяина, приводит к повышению тропности вируса. Кроме того, между коронавирусами возможен феномен генетической рекомбинации.

Рекомбинация может происходить не только с геномными последовательностями родственных коронавирусов (гомологичная рекомбинация), но и между различными вирусами (гетерологичная рекомбинация) [16, 17].

Генетическая рекомбинация представляет собой механизм, который может приводить к изменению таких биологических свойств, как вирулентность, круг чувствительных хозяев, тканевой тропизм. С по-

мощью рекомбинации штаммы коронавирусов, которые являются апатогенными или слабопатогенными для исходного хозяина, могут приобретать патогенность для другого вида и способность быстрого распространения в последнем [16].

Возникновение за последние 18 лет трех коронавирусных эпидемий, наряду с существованием малопатогенных для человека коронавирусов, поднимает вопрос, каким образом вирусы SARS-CoV, MERS-CoV и SARS-CoV-2 могли проникнуть из естественного резервуара (рукокрылые) в человеческую популяцию. Трансмиссия вирусов от животных к человеку уже происходила в прошлом, однако представляется, что за последние десятилетия этот процесс значительно ускорился. Это касается не только коронавирусов, но также таких возбудителей, относящихся к различным таксономическим группам вирусов, как вирус Эбола, вирус гриппа, вирусы Хендра и Нипах [18].

В первой четверти XXI в. наблюдаются интенсивные климатические изменения, приводящие к пролиферации векторов распространения вирусных инфекций и занятию ими новых экологических ниш. Они уже привели к возникновению в Европе вспышек инфекционных болезней, еще недавно считавшихся экзотическими (например, лихорадки Западного Нила, Усугу и Чукунгунья) [18]. Уничтожение лесов и урбанизация являются другим фактором проникновения патогенов из дикой природы в человеческую популяцию из-за увеличения контактов между животными, в том числе летучими мышами, грызунами, птицами и человеком [19, 20]. Именно это и произошло при вспышках, вызванных вирусами Эбола, Нипах и Хендра, хантавирусами и коронавирусами. Кроме того, тесный контакт между человеком и различными видами животных, продающихся на рынках Юго-Восточной Азии, создает возможность для межвидового перехода вирусов от одного хозяина к другому и адаптации к человеку потенциально зоонозных агентов.

Таблица 2 – Коронавирусы летучих мышей (классифицированные ICTV)

Род	Подрод	Вирус	Общий предок и возможный потомок	Источник
Alphacoronavirus	<i>Colacovirus</i>	BC CDPHE815	НД	[23]
	<i>Decacovirus</i>	BC HuB2013		[24]
		BC BHKU10		
	<i>Minunacovirus</i>	BC Mininacovirus 1		[25]
		BC Mininacovirus HKB		
	<i>Myotacovirus</i>	BC Sax2011		[23]
		BC SC2013		
	<i>Pedacovirus</i>	BC512	Вирус эпидемической диареи свиней	[26]
Betacoronavirus	<i>Rhinacovirus</i>	BC BHKU2	Вирус острого диарейного синдрома	[27]
	<i>Setracovirus</i>	BtKYNL63	HCoV NL63	[28]
	<i>Hibecovirus</i>	BC Zhejiang2013	НД	[23]
	<i>Merbecovirus</i>	MERS-CoV родственный коронавирус	MERS-CoV	[29, 30]
		BC HKU5	НД	[27]
		BC HKU4		
	<i>Nobecovirus</i>	BC GCCDC1		[17]
		BC HKU9		
	<i>Sarbecovirus</i>	SARS-CoV родственный коронавирус	SARS-CoV SARS-CoV-2	[31, 32]

Таблица 3 – Основные коронавирусы домашних птиц (цит. по [3])

Виды птиц	Род коронавируса	Подрод коронавируса	Вид коронавируса	Используемое название вируса	Заболевание
Куры и другие виды домашних птиц	<i>Gammacoronavirus</i>	<i>Igacovirus</i>	Коронавирус птиц	Вирус инфекционного бронхита	Респираторные заболевания, заболевания почек, снижение репродуктивной функции
Индейки				Коронавирус индеек	Энтерит
Перепела				Коронавирус перепелов	
Цесарки				Коронавирус цесарок	Респираторные заболевания, заболевания почек
Фазаны					

Коронавирусы летучих мышей. Летучие мыши – это древнейшая гетерогенная группа млекопитающих, в состав которых входит примерно 1/4 всех видов млекопитающих. Они принадлежат к отряду *Chiroptera*, в который входят два подотряда *Yinpterochiroptera* и *Yangochiroptera*. Первый подотряд включает семейство *Pteropodidae* и 5 подсемейств, второй подотряд – 13 семейств [21].

К настоящему времени идентифицировано свыше 200 вирусов, естественным резервуаром которых являются летучие мыши, 35 % от этого числа составляют коронавирусы. Причем до эпидемии SARS рукокрылых не считали естественными хозяевами коронавирусов, первое их выявление произошло только в 2005 г. [22]. Близкородственные коронавирусы могут быть выявлены в одних и тех же видах летучих мышей. Некоторые коронавирусы являются видоспецифичными. Коронавирусы, выделенные

от рукокрылых и классифицированные ICTV, представлены в таблице 2.

Летучие мыши являются естественными хозяевами альфа- и бетакоронавирусов. Однако только бетакоронавирусы четырех родов *Sarbecovirus*, *Merbecovirus*, *Nobecovirus* и *Hibecovirus* обнаруживаются исключительно у рукокрылых [33].

Рукокрылые являются естественными хозяевами альфакоронавирусов человека HCoV-229E и HCoV-NL63. При этом первый является предком коронавируса, идентифицированного в летучих мышах рода *Triaenops*. Второй является продуктом генетической рекомбинации вирусов, которые являются отдаленно-родственными коронавирусу HCoV-229E.

При выявлении в 2012 г. вируса MERS-CoV было установлено, что он обладает максимальной степенью родства с вирусами Ty-Bat-CoV HKU4, обнаруженными в летучих мышах *Tylosycteris*



Рисунок 1 – Летучая мышь *Tylonycteris pachypus*. Природный резервуар MERS-CoV подобных вирусов
[URL: https://i.thehealthypost.com/img/culture/492/The-17-Cutest-Animals-Discovered-in-2018_8.jpg
(дата обращения: 20.01.2021). и URL: <https://realbutterflygifts.com/wp-content/uploads/2013/06/tylonycteris-pachypus-3.jpg> (дата обращения: 20.01.2021)]

pachypus (рисунок 1) и Pi-Bat-CoV HKU5, который был обнаружен в летучих мышах *Pipistrellus abramus* (рисунок 2). Данные вирусы по существу в настоящее время классификации являются прототипными штаммами коронавируса летучих мышей, входящих в подрод *Merbecovirus* рода *Betacoronavirus*. Хотя в дальнейшем были открыты MERS-подобные коронавирусы, вирус MERS-CoV проявляет более близкое родство по региону S1 с HKU4-CoV по сравнению с MERS-подобными коронавирусами или с HKU5-CoV.

Фермент дипептидил-пептидаза 4 (DPP4) является рецептором для входа в клетки для вирусов MERS-CoV и HKU4-CoV, но не для MERS-подобных корона-

вирусов или вируса HKU5-CoV. В то же время, вирус HKU4-CoV имеет большее родство с DPP4 летучих мышей, чем с DPP4 человека, а вирус MERS-CoV проявляет большее родство с DPP4 человека [34].

Резервуаром коронавируса HKU4 являются летучие мыши, относящиеся к роду *Tylonycteris*, а коронавирусу HKU4 – относящиеся к роду *Pipistrellus* [35].

В 2002 г., во время начала эпидемии SARS, все «нулевые» пациенты имели контакты с животными перед заболеванием. После идентификации вируса SARS-CoV его РНК и специфические антитела были выявлены у пальмовых циветт (*Paguma larvata*). Однако последующие исследования установили, что они являются лишь промежуточными хозяевами вируса. Так как впоследствии было установлено, что рукокрылые являются естественным резервуаром SARS-CoV-подобных вирусов, это означает, что они являются резервуаром и вируса SARS-CoV. Хотя SARS-CoV-подобные вирусы показывают высокую степень гомологии с вирусом SARS-CoV, они не в состоянии связываться с ACE2 рецептором человека вследствие существующих делеций в S-белке [36].

Теория о том, что рукокрылые не являются единственным резервуаром вируса SARS-CoV, опирается на отсутствие прямого выделения от них вируса. Эта теория предполагает, что вирус SARS-CoV является продуктом генетической рекомбинации SARS-CoV-подобных коронавирусов, что косвенно подтверждается выявлением в одной летучей мыши, пойманной в провинции Юньнань (КНР), сразу нескольких коронавирусов, содержащих все генетические элементы, необходимые для формирования вируса SARS-CoV [37]. Последующий анализ выявил, что изолят вируса SARS-CoV от циветт был продуктом рекомбинации двух штаммов WIV1 6 и Rf4092 [38]. Установлено, что штамм WIV1 6, нуклеотидная



Рисунок 2 – Летучая мышь *Pipistrellus abramus*. Природный резервуар MERS-CoV подобных вирусов
(URL: https://s0.slide-share.ru/s_image/b76507c091895802f2dc95b010b74c95/6b4d5d01-7ed7-4079-b388-19a6b45f4ff3.jpeg (дата обращения: 20.01.2021)

последовательность которого наиболее близка (95 % идентичности) к последовательности SARS-CoV (по сравнению с 76–92 % идентичности для других SARS-CoV-подобных вирусов), является продуктом генетической рекомбинации между коронавирусами летучих мышей. Таким образом, установление способности SARS-CoV-подобного вируса связываться с тем же самым ACE2 рецептором, что и вирус SARS-CoV, является косвенным свидетельством того, что летучие мыши являются природным резервуаром вируса SARS-CoV [3].

Коронавирус летучих мышей, родственный вирусу MERS-CoV, не обнаружен. Геномные последовательности вируса MERS-CoV, выделенного от человека и верблюдов дромадеров, только на 65–80 % идентичны таковым для других представителей подрода *Merbecovirus* от различных видов летучих мышей. При этом штаммы вируса MERS-CoV, выделенные от человека и верблюдов, являются почти идентичными. В дальнейшем было показано, что коронавирусы, относящиеся к MERS-CoV-подобным видам, выделены у двух семейств летучих мышей *Vespertilionidae* и *Nycteridae* [33]. Однако ни один из этих вирусов не является прямым прародителем возбудителя MERS, поскольку их S-белок существенно отличается от такового у человеческого вируса. Наиболее близким к вирусу MERS-CoV является MERS-CoV-подобный штамм *Neoromicia/5038*, выделенный от летучих мышей *Neoromicia capensis* в ЮАР [39]. Последовательность вирусной РНК (около 200 н.о.), идентичная аналогичной последовательности РНК вируса MERS-CoV, выявлена у коронавируса, выделенного от летучих мышей *Taphozous perforatus* в Саудовской Аравии [40]. Предок вируса MERS-CoV, предположительно, циркулировал в летучих мышах в течение долгого времени [3]. Вирус MERS-CoV в процессе своей эволюции приобрел сродство к человеческим рецепторам. Так, установлено, что MERS-CoV-подобные вирусы также используют DPP4 как рецептор для входа в клетку, так как их белок S является продуктом рекомбинантного гена [41].

Вирус SARS-CoV-2, как и некоторые другие коронавирусы летучих мышей и плотоядных, также принадлежит к SARS-CoV-подобным вирусам [1, 15, 42]. Эпидемиологические исследования выявили, что многие «нулевые» пациенты заразились на рынке морепродуктов в Ухане, где могли контактировать с различными видами животных. Вирус SARS-CoV-2, как и вирус SARS-CoV, для входа в клетку использует один и тот же рецептор ACE2, при этом рецепторсвязывающийся S-белок вируса SARS-CoV-2 значительно отличается от других коронавирусов. Уровень идентичности нуклеотидной последовательности – менее 75 %, за исключением штамма *BatCoV RaTG13*, для которого данный показатель составляет 93,1 % [1].

Вполне вероятно, что рукокрылые являются естественным резервуаром вируса SARS-CoV-2 [3].

Наиболее близкими по нуклеотидной последовательности к вирусу SARS-CoV-2 являются штамм *BatCoV RaTG13*, выделенный от летучих мышей *Rhinolophus affinis* и SARS-CoV-подобный вирус, выделенный от панголинов [43]. Хотя вирус SARS-CoV-2 использует ACE2 рецептор, 5 из 6 критических аминокислотных остатков в рецепторсвязывающем участке у SARS-CoV и SARS-CoV-2 различаются, в то время как в сравнении вируса SARS-CoV-2 с коронавирусом панголинов в этом участке наблюдается полная идентичность, и наоборот, при сравнении вируса SARS-CoV-2 штамма *BatCoV RaTG13* в данном участке есть только один общий аминокислотный остаток, хотя последний коронавирус, как указано выше, имеет самую выраженную идентичность с вирусом SARS-CoV-2. Следовательно, можно предположить, что вирус SARS-CoV-2 является продуктом генетической рекомбинации коронавирусов панголинов и летучих мышей [43, 44]. Неясным остается вопрос, нуждается ли вирус SARS-CoV-2 в репродукции в промежуточном хозяине, чтобы могла осуществиться трансмиссия человеку, как это имеет место для вируса SARS-CoV и других коронавирусов человека.

Коронавирусы птиц. До недавнего времени знания о коронавирусах различных видов птиц были ограничены сведениями о вирусе инфекционного бронхита (поражающего различные виды домашних птиц) и коронавирусах индеек и фазанов. Эти три вируса различаются по биологическим (способ заражения – энтеральный или респираторный, круг чувствительных хозяев, степень родства белка S) характеристикам. Число видов птиц, в которых выявлены коронавирусы, в последние годы возросло. В настоящее время выявлены новые коронавирусы различных птиц (пингвины, голуби, павлины, попугаи, водоплавающие птицы, чирки, перепела, утки, лебеди) [45], отнесенные к одному и тому же виду, обозначаемому как коронавирус птиц (подрод *Igacovirus* рода гаммакоронавирусов). В таблице 3 представлены основные виды коронавирусов домашних птиц и вызываемые ими заболевания.

Как следует из представленных данных, все рассмотренные коронавирусы птиц отнесены к роду *Gammacoronavirus*, подрод *Igacovirus*. Впоследствии было установлено, что и три новых коронавируса птиц (*BuCoV HKU1*, *ThCoV HKU12*, *MuCoV HKU13*) образуют уникальный кластер на филогенетическом древе коронавирусов, который может служить основанием нового рода – дельтакоронавирусов [46].

В свете возможной опасности коронавирусов птиц в плане возможности спонтанного появления нового патогена человека, необходимо обратить внимание на коронавирусы, принадлежащие к роду *Betacoronavirus*, которые выделены от различных видов диких птиц, в том числе и попугаев в Бразилии [47].



Рисунок 3 – Американская норка – животное, которое может инфицироваться вирусом SARS-CoV-2
(URL: https://static.news.ru/photo/c3bd477c-25c6-11eb-9d36-fa163e074e61_660.jpg; дата обращения: 20.01.2021)

Коронавирусы плотоядных⁵. Среди плотоядных коронавирусы выявлены у собак, кошек, хорьков европейских и американских норок. При этом только один из выявленных коронавирусов плотоядных (коронавирус собак) относится к роду *Betacoronavirus* (подрод *Embecovirus*), остальные относятся к роду *Alphacoronavirus*.

Некоторые домашние и дикие плотоядные являются чувствительными к инфекции, вызванной вирусом SARS-CoV. Промежуточным хозяином вируса, кроме пальмовых циветт, являются енотовые собаки [48].

Полногеномный анализ показал, что SARS-CoV-подобные коронавирусы, выделенные от пальмовых циветт, находятся под сильным селективным давлением и генетически наиболее близкородственны со штаммами вируса SARS-CoV, выделенными от инфицированных людей в ходе вспышки [49]. Уровень гомологии SARS-CoV-подобных коронавирусов с вирусом SARS-CoV составил 99,6 %, что указывает на то, что вирус SARS-CoV циркулировал в популяции пальмовых циветт в течение непродолжительного времени [50].

Интерес к коронавирусам плотоядных (и плотоядным как к естественному резервуару коронавирусов) резко увеличился после сообщения о том, что норки способны к заражению вирусом SARS-CoV-2 с последующей трансмиссией репродуцировавшего возбудителя человеку (рисунок 3). Осенью 2020 г. в Дании было зарегистрировано 214 случаев заражения человека от норок, что явилось причиной уничтожения нескольких миллионов особей на звероводческих фермах.

В данном случае существует реальная угроза того, что по аналогии с циркуляцией вируса SARS-CoV в популяции пальмовых циветт, после пассажа в норках вирус SARS-CoV-2 повысит вирулентность для человека.

Мутировавший в норках коронавирус обладает повышенными репродуктивными свойствами, что потенциально повышает эффективность трансмиссии от человека к человеку. Кроме того, изменение антигенной структуры мутировавшего вируса может негативно влиять на эффективность уже разработанных вакцин⁶.

Рассмотренные примеры не являются кажим-либо исключительным событием. Когда коронавирус HCoV-OC43 преодолел видовой барьер и стал патогенным для человека (приблизительно в 1890 г.), спустя некоторое время появились его варианты, способные инфицировать собак. Позднее стабилизировались в этих видах коронавирусы плотоядных, что ретроспективно в дальнейшем было подтверждено данными молекулярно-биологических исследований [51]. Схожий сценарий может наблюдаться и с вирусом SARS-CoV-2 с собаками и, в большей степени, с кошками.

Коронавирусы грызунов. Вирусологические исследования, выполненные на представительной группе грызунов (1465 особей различных видов), выявили, что примерно 2 % обследованных грызунов являются носителями коронавирусов. В частности, коронавирус был выделен от полевых мышей и различных видов крыс (*Rattus norvegicus*, *Rattus losea*, *Rattus tanezumi* и *Niviventer confucianus*).

Выявленные вирусы относятся к родам *Alphacoronavirus* и *Betacoronavirus*. Прототипный вирус (вирус гепатита мышей) впервые был выделен еще в 1949 г. Вирус гепатита мышей представляет естественный патоген мышей, поражающий печень, ЖКТ и ЦНС и вызывает гепатиты, острые и хронические гастроэнтериты и энцефаломиелиты. Этот вирус является прототипным при изучении репликации и патогенеза коронавирусов, их нейтроинвазивности и нейровирулентности.

Большой практический интерес представляют исследования по определению чувствительности грызунов к патогенным для человека коронавирусам. Установлено, что мыши, сирийские и китайские хомячки являются чувствительными к вирусу SARS-CoV, а трансгенные мыши, экспрессирующие человеческий рецептор ACE2, могут быть использованы и для моделирования SARS у человека. По мнению N. Decaro [3], эти же модели пригодны для исследований с вирусом SARS-CoV-2.

Мыши, морские свинки и хомячки не являются чувствительными к экспериментальному ин-

⁵ Плотоядные (лат. Carnivore) или зоофаги – животные, питающиеся преимущественно мясом. Этим они отличаются от травоядных (Herbivore), питающихся в основном растительной пищей, а также от всеядных (Omnivore) (в том числе человека), употребляющих в еду и то, и другое.

⁶ URL: <https://www.mk.ru/science/2020/11/18/naydannyy-u-datskikh-norok-koronavirus-okazalsya-nastoyashhey-bomboy.html> (дата обращения: 20.01.2021).

фицированию вирусом MERS-CoV, главным образом вследствие того, что их гомологичные DPP4 не функционируют как рецепторы для входа вируса MERS-CoV в клетки [52]. Поэтому, по сути дела, единственной доступной моделью для изучения вируса MERS-CoV являются трансгенные мыши. При интраназальном инфицировании у них происходит накопление вируса в легких. У этих моделей также выявлены симптомы интерстициальной пневмонии, включая воспалительные клеточные инфильтраты, утолщение альвеол и эдема [3].

Коронавирусы жвачных животных. В настоящее время выявлено 6 коронавирусов, циркулирующих в свиньях (4 альфа-, 1 бета- и 1 дельта-коронавирус). Эти вирусы являются возбудителями гастроэнтерита свиней, респираторных, кишечных и неврологических заболеваний [3].

Среди коронавирусов жвачных животных наиболее хорошо известным является коронавирус BCoV, который входит в род *Betacoronavirus*, подрод *Embecovirus*. Этот вирус способен вызывать различные клинические формы заболеваний, включая энтериты с высокой летальностью у 2-3-месячных телят [53].

Установлено, что BCoV произошел от коронавирусов грызунов. В последнее время выявлены коронавирусы, предположительно являющиеся продуктом генетической рекомбинации между BCoV и вирусом гепатита мышей [54].

Верблюды дромадеры являются чувствительными к инфекции, вызываемой вирусом MERS-CoV, у них развивается либо бессимптомная инфекция, либо мягкое респираторное заболевание. Об уровне распространенности вируса MERS-CoV среди верблюдов-дромадеров свидетельствует тот факт, что у 90 % животных в странах Ближнего Востока, Северной и Восточной Африки выявлены антитела к вирусу MERS-CoV [55].

Необходимо отметить, что, хотя для MERS отмечены случаи передачи инфекции от человека к человеку, этот способ передачи в целом является неэффективным и заражение людей, происходит главным образом, в результате контактов с инфицированными верблюдами-дромадерами [56]. Проведенное филогенетическое исследование 179 последовательностей штаммов вируса MERS-CoV, выделенных от верблюдов и человека, позволило выявить наличие пяти основных стабильных филогенетических линий, причем в каждую линию входят как изоляты от верблюдов, так и изоляты от людей [57]. Из респираторного тракта верблюдов-дромадеров в Саудовской Аравии также был выделен человеческий альфакоронавирус HCoV-229E [57].

Ламы являются чувствительными к экспериментальному инфицированию вирусом MERS-CoV [58].

Хотя чувствительность других домашних жвачных животных к вирусу MERS-CoV не установлена [59], недавно проведенные исследования показали наличие специфических антител и РНК возбудителя в сыворотке крови и назальных экстрактах, соответ-

ственно домашних жвачных животных в Африке, в том числе овец, коз и КРС [60].

Коронавирусы лошадей. Коронавирус лошадей, E-CoV, относящийся к роду *Betacoronavirus*, подрод *Embecovirus*, вызывает энтериты у взрослых лошадей. Относящиеся к тому же отряду млекопитающих ослы являются чувствительными к инфицированию данным вирусом. РНК вируса MERS-CoV была выявлена в смывах респираторного тракта трех из 42 ослов в Египте [60].

Приведенные данные показывают, что анализ естественной эволюции коронавирусов животных позволяет отследить влияние аккумуляции точечных мутаций гомологичных или гетерологичных рекомбинаций на формирование новых генотипов коронавирусов. Они могут иметь различные антигенные свойства, что позволяет им уходить от иммунного ответа хозяина, индуцированного уже существующими коронавирусами. Коронавирусы могут иметь различный тканевой тропизм у одних и тех же хозяев, что может повысить или снизить патогенность вируса.

Эволюция коронавирусов может быть следствием смены хозяев (от одного вида животных к другому и от животных – к человеку). Второй пример находит широкое подтверждение в ветеринарной вирусологии. Наиболее интересный сценарий – это переход с последующей адаптацией коронавируса от животных к человеку.

Естественным резервуаром большинства коронавирусов являются рукокрылые. Другие млекопитающие служат в качестве промежуточных хозяев, через которых происходит трансмиссия вируса человеку, например альпака и кошки для слабопатогенных коронавирусов человека HCoV-229E и HCoV-OC43, дикие плотоядные и верблюды-дромадеры – для патогенных вирусов SARS-CoV и MERS-CoV соответственно. Другие два коронавируса человека, HCoVNL63 и HCoVHKU1, передаются через летучих мышей и грызунов соответственно. Однако неизвестно, требует ли их трансмиссия в дальнейшем наличия промежуточного хозяина.

Среди домашних животных кошки вместе с хорьками являются видами, в которых репродукция вируса SARS-CoV-2 происходит наиболее эффективно [61]. Это может быть объяснено тем, что в состав вируса SARS-CoV-2 входит рецепторсвязывающий участок, обладающий высокой степенью аффинности к ACE2 рецептору кошек и хорьков [62].

Рукокрылые являются группой млекопитающих, у которых выявлено наибольшее число коронавирусов, многие их виды происходят от коронавирусов рукокрылых. Среди коронавирусов животных наибольшую потенциальную опасность в качестве источников новых патогенов человека представляют представители рода *Betacoronavirus*.

Ввиду распространенности и высокой генетической дивергенции SARS-CoV-подобных коронави

русов летучих мышей, их высокой частотой рекомбинации следует ожидать появление новых вирусов, представляющих потенциальную опасность для здравоохранения и ветеринарии [63]. Пока биологический механизм, лежащий в основе эволюции вируса, не будет находиться под контролем, необходимо проведение информационной кампании,

направленной на сокращение числа контактов человека с дикими животными. Факторами, способствующими проникновению в человеческую популяцию зоонозных вирусов, являются современные методы ведения сельскохозяйственных работ, урбанизация и снижение площадей, занимаемых естественными природными сообществами.

Информация о конфликте интересов

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

Сведения о рецензировании

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

Список источников/References:

1. Zhou P., Yang X.L., Wang X.G. et al. A pneumonia outbreak associated with a new coronavirus of probable bat origin // *Nature*. 2020. V. 579. P. 270–273. <https://doi.org/10.1038/s41586-020-2012-7>
2. Lorusso A., Calistri P., Petrini A. et al. Novel coronavirus (SARS-CoV-2) epidemic: a veterinary perspective // *Vet. Ital.* 2020. V. 56. № 1. <https://doi.org/10.12834/vetit.2173.11599.1>
3. Decaro N., Lorusso A. Novel human coronavirus (SARS-CoV-2): a lesson for animal coronavirus // *Veterinary Microbiol.* 2020. V. 244. P. 108693. <https://doi.org/10.1016/j.vetmic.2020.108693>
4. Corman V.M., Baldwin H.J., Tateno A.F. et al. Evidence for an ancestral association of human coronavirus 229E with bats // *J. Virol.* 2015. V. 89. № 23. P. 11858–11870. <https://doi.org/10.1128/JVI.01755-15>
5. Corman V.M., Muth D., Niemeyer D., Drosten C. Hosts and sources of endemic human coronaviruses // *Adv. Virus Res.* 2018. V. 100. P. 163–188. <https://doi.org/10.1016/bs.aivir.2018.01.001>
6. Peiris J.S., Yuen K.Y., Osterhaus A.D., Stohr K. The severe acute respiratory syndrome // *N. Engl. J. Med.* 2003. V. 349. № 25. P. 2431–2441. <https://doi.org/10.1056/NEJMra032498>
7. Zaki A.M., van Boheemen S., Bestebroer T.M. et al. Isolation of a novel coronavirus from a man with pneumonia in Saudi Arabia // *N. Engl. J. Med.* 2012. V. 367. № 19. P. 1814–1820. <https://doi.org/10.1056/NEJMoa1211721>
8. van der Hoek L., Pyrc K., Jebbink M.F. et al. Identification of a new human coronavirus // *Nat. Med.* 2004. V. 10. P. 368–373. <https://doi.org/10.1038/nm1024>
9. Fouchier R.A., Hartwig N.G., Bestebroer T.M. et al. A previously undescribed coronavirus associated with respiratory disease in humans // *Proc. Natl. Acad. Sci.* 2004. V. 101. № 16. P. 6212–6216. <https://doi.org/10.1073/pnas.0400762101>
10. Hamre D., Procknow J.J. A new virus isolated from the human respiratory tract // *Proc. Soc. Exp. Biol. Med.* 1966. V. 121. № 1. P. 190–193. <https://doi.org/10.3181/00379727-121-30734>
11. Reed S.E. The behaviour of recent isolates of human respiratory coronavirus in vitro and in volunteers: evidence of heterogeneity among 229E-related strains // *J. Med. Virol.* 1984. V. 13. № 2. P. 179–192. <https://doi.org/10.1002/jmv.1890130208>
12. McIntosh K., Dees J.H., Becker W.B. et al. Recovery in tracheal organ cultures of novel viruses from patients with respiratory disease // *Proc. Natl. Acad. Sci.* 1967. V. 57. № 4. P. 933–940. <https://doi.org/10.1073/pnas.57.4.933>
13. Woo P.C., Lau S.K., Chu C.M. et al. Characterization and complete genome sequence of a novel coronavirus, coronavirus HKU1, from patients with pneumonia // *J. Virol.* 2005. V. 79. № 2. P. 884–895. <https://doi.org/10.1128/JVI.79.2.884-895.2005>
14. Ksiazek T.G., Erdman D., Goldsmith C.S. et al. A novel coronavirus associated with severe acute respiratory syndrome // *N. Engl. J. Med.* 2003. V. 348. № 20. P. 1953–1966. <https://doi.org/10.1056/NEJMoa030781>
15. Wu F., Zhao S., Yu B. et al. A new coronavirus associated with human respiratory disease in China // *Nature*. 2020. V. 579. № 7798. P. 265–269. <https://doi.org/10.1038/s41586-020-2008-3>
16. Banner L.R., Lai M.M. Random nature of coronavirus RNA recombination in the absence of selection pressure // *Virology*. 1991. V. 185. № 1. P. 441–445. [https://doi.org/10.1016/0042-6822\(91\)90795-d](https://doi.org/10.1016/0042-6822(91)90795-d)
17. Huang C., Liu W.J., Xu W. et al. A bat-derived putative cross-family recombinant coronavirus with a reovirus gene // *PLoS Pathog.* 2016. V. 12. № 9. P. e1005883. <https://doi.org/10.1371/journal.ppat.1005883>
18. McMahon B.J., Morand S., Gray J.S. Ecosystem change and zoonoses in the Anthropocene // *Zoonoses Public Health*. 2018. V. 65. P. 755–765. <https://doi.org/10.1111/zph.12489>
19. Lorusso A., Teodori L., Leone A. et al. A new member of the Pteropine Orthoreovirus species isolated from fruit bats imported to Italy // *Infect. Genet.*

- Evol. 2015. V. 30. P. 55–58. <https://doi.org/10.1016/j.meegid.2014.12.006>
20. Beena V., Saikumar G. Emerging horizon for bat borne viral zoonoses // *Virus Dis.* 2019. V. 30. № 4. P. 321–328. <https://doi.org/10.1007/s13337-019-00548-z>
 21. Tsagkogeorga G., Parker J., Stupka E. et al. Phylogenomic analyses elucidate the evolutionary relationships of bats // *Curr. Biol.* 2013. V. 23. № 22. P. 2262–2267. <https://doi.org/10.1016/j.cub.2013.09.014>
 22. Poon L.L., Chu D.K., Chan K.H. et al. Identification of a novel coronavirus in bats // *J. Virol.* 2005. V. 79. № 4. P. 2001–2009. <https://doi.org/10.1128/JVI.79.4.2001-2009.2005>
 23. Wu Z., Yang L., Ren X. et al. Deciphering the bat virome catalog to better understand the ecological diversity of bat viruses and the bat origin of emerging infectious diseases // *ISME J.* 2016. V. 10. № 3. P. 609–620. <https://doi.org/10.1038/ismej.2015.138>
 24. Woo P.C., Wang M., Lau S.K. et al. Comparative analysis of twelve genomes of three novel group 2c and group 2d coronaviruses reveals unique group and subgroup features // *J. Virol.* 2007. V. 81. № 4. P. 1574–1585. <https://doi.org/10.1128/JVI.02182-06>
 25. Chu D.K., Peiris J.S., Chen H. et al. Genomic characterizations of bat coronaviruses (1A, 1B and HKU8) and evidence for co-infections in *Miniopterus* bats // *J. Gen. Virol.* 2008. V. 89. P. 1282–1287. <https://doi.org/10.1099/vir.0.83605-0>
 26. Tang X.C., Zhang J.X., Zhang S.Y. et al. Prevalence and genetic diversity of coronaviruses in bats from China // *J. Virol.* 2006. V. 80. № 15. P. 7481–7490. <https://doi.org/10.1128/JVI.00697-06>
 27. Woo P.C., Lau S.K., Li K.S. et al. Molecular diversity of coronaviruses in bats // *Virology.* 2006. V. 351. № 1. P. 180–187. <https://doi.org/10.1016/j.virol.2006.02.041>
 28. Tao Y., Shi M., Chommanard C. et al. Surveillance of bat coronaviruses in Kenya identifies relatives of human coronaviruses NL63 and 229E and their recombination history // *J. Virol.* 2017. V. 91. № 5. P. e01953–16. <https://doi.org/10.1128/JVI.01953-16>
 29. Corman V.M., Ithete N.L., Richards L.R. et al. Rooting the phylogenetic tree of Middle East respiratory syndrome coronavirus by characterization of a conspecific virus from an African bat // *J. Virol.* 2014. V. 88. P. 11297–11303. <https://doi.org/10.1128/JVI.01498-14>
 30. Corman V.M., Kallies R., Philipps H. et al. Characterization of a novel betacoronavirus related to Middle East respiratory syndrome coronavirus in European hedgehogs // *J. Virol.* 2014. V. 88. № 1. P. 717–724. <https://doi.org/10.1128/JVI.01600-13>
 31. Lau S.K., Woo P.C., Li K.S. et al. Severe acute respiratory syndrome coronavirus-like virus in Chinese horseshoe bats // *Proc. Natl. Acad. Sci.* 2005. V. 10. № 39. P. 14040–14045. <https://doi.org/10.1073/pnas.0506735102>
 32. Li T., Zhang Y., Fu L. et al. siRNA targeting the leader sequence of SARS-CoV inhibits virus replication // *Gene Ther.* 2005. V. 12. № 9. P. 751–761. <https://doi.org/10.1038/sj.gt.3302479>
 33. Wong A.C.P., Li X., Lau S.K.P., Woo P.C.Y. Global epidemiology of bat coronaviruses // *Viruses.* 2019. V. 11. № 2. P. 174. <https://doi.org/10.3390/v11020174>
 34. Yang Y., Du L., Liu C. et al. Receptor usage and cell entry of bat coronavirus HKU4 provide insight into bat-to-human transmission of MERS coronavirus // *Proc. Natl. Acad. Sci. USA.* 2014. V. 111. № 34. P. 12516–12521. <https://doi.org/10.1073/pnas.1405889111>
 35. Fan Y., Zhao K., Shi Z.L., Zhou P. Bat coronaviruses in China // *Viruses.* 2019. V. 11. № 3. P. 210. <https://doi.org/10.3390/v11030210>
 36. Ren W., Qu X., Li W. et al. Difference in receptor usage between severe acute respiratory syndrome (SARS) coronavirus and SARS-like coronavirus of bat origin // *J. Virol.* 2008. V. 82. № 4. P. 1899–1907. <https://doi.org/10.1128/JVI.01085-07>
 37. Ge X.Y., Li J.L., Yang X.L. et al. Isolation and characterization of a bat SARS-like coronavirus that uses the ACE2 receptor // *Nature.* 2013. V. 503. P. 535–538. <https://doi.org/10.1038/nature12711>
 38. Hu B., Zeng L.P., Yang X.L. et al. Discovery of a rich gene pool of bat SARS-related coronaviruses provides new insights into the origin of SARS coronavirus // *PLoS Pathog.* 2017. V. 13. e1006698. <https://doi.org/10.1371/journal.ppat.1006698>
 39. Geldenhuys M., Mortlock M., Weyer J. et al. A metagenomic viral discovery approach identifies potential zoonotic and novel mammalian viruses in Neoromicia bats within South Africa // *PLoS One.* 2018. V. 13. № 3. e0194527. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0194527>
 40. Memish Z.A., Mishra N., Olival K.J. et al. Middle East respiratory syndrome coronavirus in bats, Saudi Arabia // *Infect. Dis.* 2013. V. 19. № 11. P. 1819–1823. <https://doi.org/10.3201/eid1911.131172>
 41. Luo C.M., Wang N., Yang X.L. et al. Discovery of novel bat coronaviruses in South China that use the same receptor as Middle East respiratory syndrome coronavirus // *J. Virol.* 2018. V. 92. № 13. e00116–18. <https://doi.org/10.1128/JVI.00116-18>
 42. Gorbalenya A.E., Baker S.C., Baric R.S. et al. The species Severe acute respiratory syndrome-related coronavirus: classifying 2019-nCoV and naming it SARS-CoV-2. Coronaviridae study group of the international committee on taxonomy of viruses // *Nat. Microbiol.* 2020. V. 5. P. 536–544. <https://doi.org/10.1038/s41564-020-0695-z>
 43. Lam T.T., Shum M.H., Zhu H.C. et al. Identifying SARS-CoV-2 related coronaviruses in Malayan pangolins // *Nature.* 2020. V. 583. № 7815. P. 282–285. <https://doi.org/10.1038/s41586-020-2169-0>
 44. Tang X., Wu C., Li X. et al. On the origin and continuing evolution of SARS-CoV-2 // *Nate Sci. Rev.* 2020. V. 7. № 6. P. 1012–1023. <https://doi.org/10.1093/nsr/nwaa036>
 45. Suryaman G.K., Soejoedono R.D., Setiyono A. et al. Isolation and characterization of avian coronavirus from healthy *Eclectus* parrots (*Eclectus roratus*) from

Indonesia // Vet. World. 2019. V. 12. № 11. P. 1797–1805. <https://doi.org/10.14202/vetworld.2019.1797-1805>

46. Woo P.C., Lau S.K., Lam C.S. et al. Comparative analysis of complete genome sequences of three avian coronaviruses reveals a novel group 3c coronavirus // J. Virol. 2009. V. 83. № 2. P. 908–917. <https://doi.org/10.1128/JVI.01977-08>

47. Durães-Carvalho R., Caserta L.C., Barnabé A.C.S. et al. Coronaviruses detected in Brazilian wild birds reveal close evolutionary relationships with beta- and deltacoronaviruses isolated from mammals // J. Mol. Evol. 2015. V. 81. № 1-2. P. 21–23. <https://doi.org/10.1007/s00239-015-9693-9>

48. Guan Y., Zheng B.J., He Y.Q. et al. Isolation and characterization of viruses related to the SARS coronavirus from animals in southern China // Science. 2003. V. 302. № 5643. P. 276–278. <https://doi.org/10.1126/science.1087139>

49. Hamre D., Procknow J.J. A new virus isolated from the human respiratory tract // Proc. Soc. Exp. Biol. Med. 1966. V. 121. № 1. P. 190–193. <https://doi.org/10.3181/00379727-121-30734>

50. Shi Z., Hu Z. A review of studies on animal reservoirs of the SARS coronavirus // Virus Res. 2008. V. 133. № 1. P. 74–87. <https://doi.org/10.1016/j.virusres.2007.03.012>

51. Arbour N., Day R., Newcombe J., Talbot P.J. Neuroinvasion by human respiratory coronaviruses // J. Virol. 2000. V. 74. № 19. P. 8913–8921. <https://doi.org/10.1128/jvi.74.19.8913-8921.2000>

52. Cockrell A.S., Peck K.M., Yount B.L. et al. Mouse dipeptidyl peptidase 4 is not a functional receptor for Middle East respiratory syndrome coronavirus infection // J. Virol. 2014. V. 88. № 9. P. 5195–5199. <https://doi.org/10.1128/JVI.03764-13>

53. Chouljenko V.N., Lin X.Q., Storz J. et al. Comparison of genomic and predicted amino acid sequences of respiratory and enteric bovine coronaviruses isolated from the same animal with fatal shipping pneumonia // J. Gen. Virol. 2001. V. 82. № 12. P. 2927–2933. <https://doi.org/10.1099/0022-1317-82-12-2927>

54. Chung J.Y., Kim H.R., Bae Y.C. et al. Detection and characterization of bovine-like coronaviruses from

four species of zoo ruminants // Vet. Microbiol. 2011. V. 148. № 2–4. P. 396–401. <https://doi.org/10.1016/j.vetmic.2010.08.035>

55. Hemida M.G., Chu D.K.W., Perera R.A.P.M. et al. Coronavirus infections in horses in Saudi Arabia and Oman // Transbound. Emerg. Dis. 2017. V. 64. № 6. P. 2093–2103. <https://doi.org/10.1111/tbed.12630>

56. Hemida M.G., Elmoslemay A., Al-Hizab F. et al. Dromedary camels and the transmission of Middle East respiratory syndrome coronavirus (MERS-CoV) // Transbound. Emerg. Dis. 2017. V. 64. № 2. P. 344–353. <https://doi.org/10.1111/tbed.12401>

57. Sabir J.S., Lam T.T., Ahmed M.M. et al. Co-circulation of three camel coronavirus species and recombination of MERS-CoVs in Saudi Arabia // Science. 2016. V. 351. № 6268. P. 81–84. <https://doi.org/10.1126/science.aac8608>

58. Vergara-Alert J., van den Brand J.M., Widagdo W. et al. Livestock susceptibility to infection with Middle East respiratory syndrome coronavirus // Emerg. Infect. Dis. 2017. V. 23. № 2. P. 232–240. <https://doi.org/10.3201/eid2302.161239>

59. Adney D.R., Brown V.R., Porter S.M. et al. Inoculation of goats, sheep, and horses with MERS-CoV does not result in productive viral shedding // Viruses. 2016. V. 8. № 8. P. 230. <https://doi.org/10.3390/v8080230>

60. Kandeil A., Gomaa M., Shehata M. et al. Middle East respiratory syndrome coronavirus infection in non-camelid domestic mammals // Emerg. Microbes Infect. 2019. V. 8. № 1. P. 103–108. <https://doi.org/10.1080/22221751.2018.1560235>

61. Shi J., Wen Z., Zhong G. et al. Susceptibility of ferrets, cats, dogs, and different domestic animals to SARS-Coronavirus-2 // Science. 2020. V. 368. № 6494. P. 1016–1020. <https://doi.org/10.1126/science.abb7015>

62. Andersen K.G., Rambaut A., Lipkin W.I. et al. The proximal origin of SARS-CoV-2 // Nat. Med. 2020. V. 26. № 4. P. 450–452. <https://doi.org/10.1038/s41591-020-0820-9>

63. Cui J., Li F., Shi Z.L. Origin and evolution of pathogenic coronaviruses // Nat. Rev. Microbiol. 2019. V. 17. № 3. P. 181–192. <https://doi.org/10.1038/s41579-018-0118-9>

Об авторах

Федеральное государственное бюджетное учреждение «48 Центральный научно-исследовательский институт» Министерства обороны Российской Федерации», 141306, Российская Федерация, г. Сергиев Посад-6, ул. Октябрьская, д. 11.

Сизикова Татьяна Евгеньевна. Научный сотрудник, канд. биол. наук.

Лебедев Виталий Николаевич. Ведущий научный сотрудник, д-р биол. наук, проф.

Борисевич Сергей Владимирович. Начальник Федерального государственного бюджетного учреждения «48 ЦНИИ» Минобороны России, д-р биол. наук, проф., чл.корр. РАН, полковник медицинской службы.

Контактная информация для всех авторов: 48cnii@mail.ru
Контактное лицо: Борисевич Сергей Владимирович, 48cnii@mail.ru

The Evaluation of Potential Threat of Animal's Coronaviruses as Human's Patogens

T.E. Sizikova, V.N. Lebedev, S.V. Borisevich

Federal State Budgetary Establishment «48 Central Scientific Research Institute» of the Ministry of Defens of the Russian Federation, 141306, Sergiev Posad, Russian Federation

Received 2 February 2021. Accepted for publication 20 March 2021.

The introduction of SARS-CoV-2 coronavirus from a natural reservoir into the human population subsequently caused the COVID-19 pandemic, that had a huge impact on all spheres of human activity dramatically increased interest in this group of viruses. Given that such an introduction of the coronavirus was already the third in a row in 21 century (after outbreaks caused by SARS-CoV and MERS-CoV viruses), there are quite good reasons to fear the appearance of new diseases, the etiological agents of which will be representatives of the Coronaviridae family in the future. *The purpose of this review* is to assess the potential risk of coronaviruses of animals as possible human pathogens. When preparing the review, the following data were used: data published in leading foreign journals as well as in Internet sources that address some aspects of the COVID-19 pandemic. The following main aspects of this problem are considered: a spontaneous formation during the evolution of animal coronaviruses, highly pathogenic to humans; a possibility of transmission of human coronavirus to animals, its genetic interaction with the coronavirus, the owner of which is this animal, the acquisition of viral progeny, a set of new properties and reverse transmission from animal to man a pathogen that may have increased pathogenicity. Animal coronaviruses are considered by belonging to a certain taxonomic group of their natural hosts. The main focus is on bat coronaviruses (as a reservoir of SARS-CoV, MERS-CoV and SARS-CoV-2 viruses), as well as avian coronaviruses, due to the potential ability of these animals to become vectors of spread of new emergent diseases and the coronaviruses of carnivores, due to the established during the COVID-19 pandemic fact of transmission of the SARS-CoV-2 virus from man to mink and from mink to man. Studying the features of molecular evolution it will help you better understand the mechanisms of occurrence and adaptation to humans pathogens of emergent viral diseases.

Keywords: COVID-19; MERS-CoV virus; SARS-CoV virus; SARS-CoV-2 virus; genetic recombination; coronaviruses; molecular evolution; carnivores; birds; bats.

For citation: Sizikova T.E., Lebedev V.N., Borisevich S.V. *The Evaluation of Potential Threat of Animal's Coronaviruses as Human's Patogens* // *Journal of NBC Protection Corps*. 2021. V. 5. № 1. P. 42–53. <https://doi.org/10.35825/2587-5728-2021-5-1-42-53>

Conflict of interest statement

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

Peer review information

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

References

See P. 50–52.

Authors

Federal State Budgetary Establishment «48 Central Scientific Research Institute» of the Ministry of Defense of the Russian Federation, Oktyabrskaya Street 11, Sergiev Posad 141306, Russian Federation.

Tatyana Yevgenievna Sizikova. Researcher, Candidate of Biologic Sciences.

Vitaly Nikolayevich Lebedev. Leading researcher, Doctor of Biological Sciences, Professor.

Sergey Vladimirovich Borisevich. Head of Federal State Budgetary Establishment «48 Central Scientific Research Institute» of the Ministry of Defense of the Russian Federation, Corresponding member of Russian Academy of Sciences. Doctor of Biological Sciences, Professor.

Contact information for all authors: 48cnii@mil.ru

Contact person: Sergey Vladimirovich Borisevich; 48cnii@mil.ru

Мобильный комплекс химического контроля как основа технического оснащения мобильной диагностической группы 33 ЦНИИИ Министерства обороны Российской Федерации

В.А. Иноземцев, А.К. Жохов, А.Ю. Бойко, А.С. Самородов,

А.В. Жидяев, А.А. Брагинец

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 10.01.2021 г. Принята к публикации 20.03.2021 г.

Для выполнения задач по радиационному и химическому (РХ) контролю объектов в ходе обеспечения безопасности различных массовых мероприятий, а также выполнения специальных задач радиационного и химического обследования проб в федеральном государственном бюджетном учреждении «33 ЦНИИИ» Министерства обороны Российской Федерации (далее – институт) создана мобильная диагностическая группа (МДГ). *Цель работы* – рассмотреть устройство, возможности и организацию работы мобильного комплекса химического контроля (МКХК), являющегося основой технического оснащения МДГ. Комплекс создан на базе автомобиля повышенной проходимости Форд-Транзит с размещенным в нем оборудованием мобильной группы и кузова-контейнера, установленного на двухосную платформу, в котором размещено оборудование мобильной лаборатории. Комплекс оснащен современным аналитическим оборудованием, средствами связи, навигации, обработки информации, автоматического метеонаблюдения, комплектом жизнеобеспечения, системами автономного энерго- и водоснабжения, вытяжной вентиляции, отопления и кондиционирования. Технические характеристики комплекса МКХК следующие: расчет – 8 человек; время подготовки к работе – не более 60 мин; время предварительной идентификации обнаруженных мобильной группой веществ (с момента прибытия) – не более 60 мин; нижний предел обнаружения токсичных химикатов в объектах окружающей среды – на уровне ПДК; время подтверждающей идентификации обнаруженных токсичных химикатов (с момента доставки проб) – не более 180 мин; запас хода – до 700 км. В ходе создания комплекса был разработан методический аппарат, обеспечивающий функционирование расчета МКХК при выполнении широкого спектра задач, которые могут быть поставлены перед специалистами МДГ. Впоследствии этот методический аппарат многократно расширился и уточнялся по результатам или в ходе участия МКХК в обеспечении РХ безопасности различных массовых мероприятий. Приведена схема алгоритма проведения специального химического контроля техническими средствами комплекса МКХК. Комплекс способен обеспечить обнаружение как малоопасных, так и аварийных концентраций практически всех известных токсичных химикатов в различных пробах, проводить идентификацию этих веществ в объектах окружающей среды.

Ключевые слова: аналитическое оборудование; газоанализатор; мобильная диагностическая группа; мобильный комплекс; обеспечение химической безопасности; спектрометр; токсичные химикаты; химический контроль.

Библиографическое описание: Иноземцев В.А., Жохов А.К., Бойко А.Ю., Самородов А.С., Жидяев А.В., Брагинец А.А. Мобильный комплекс химического контроля как основа технического оснащения мобильной диагностической группы 33 ЦНИИИ Министерства обороны Российской Федерации // Вестник войск РХБ защиты. 2021. Т. 5. № 1 С. 54–64. <https://doi.org/10.35825/2587-5728-2021-5-1-54-64>

Для выполнения задач по радиационному и химическому (РХ) контролю объектов в ходе обеспечения безопасности различных спортивных, культурных и иных массовых мероприятий, а также выполнения специальных задач радиационного и химического обследования проб в ФГБУ «33 ЦНИИИ» Минобороны России (далее – институт) функционирует мобильная диагностическая группа (МДГ)¹.

Исторически на протяжении более 20 лет сложилось так, что состав специалистов, техническое, приборное и методическое оснащение группы варьировались в зависимости от характера и объема предстоящих работ. МДГ при этом укомплектовывалась приборами и оборудованием, которые использовались в ходе выполнения плановых научно-исследовательских и испытательных работ, что в случае длительного отсутствия группы затрудняло их выполнение и снижало качество проводимых исследований. Данное обстоятельство, а также увеличение интенсивности участия МДГ института в различных мероприятиях и, безусловно, уровень последних достижений в области мобильного аналитического приборостроения продиктовали актуальность создания в интересах оснащения МДГ отдельного современного мобильного комплекса, оснащенного необходимым специализированным оборудованием.

Цель работы – рассмотреть устройство, возможности и организацию работы мобильного комплекса химического контроля (МКХК), являющегося основой технического осна-

щения мобильной диагностической группы «33 ЦНИИИ» Министерства обороны Российской Федерации.

Разработка и создание такого комплекса осуществлялись в рамках реализации мероприятий Федеральной целевой программы «Национальная система химической и биологической безопасности Российской Федерации (2009–2014 гг.)»². В результате выполнения опытно-конструкторской работы ООО «Научно-производственное предприятие «Адвент» (г. Санкт-Петербург) был разработан, успешно прошел этап государственных испытаний и принят в эксплуатацию мобильный комплекс химического контроля (МКХК)³.

Комплекс создан на базе автомобиля повышенной проходимости Форд-Транзит с размещенным в нем оборудованием мобильной группы, а также кузова-контейнера, установленного на двухосную платформу, в котором размещено оборудование мобильной лаборатории (рисунки 1, 2) [1].

Комплекс оснащен современным аналитическим оборудованием, средствами связи, навигации, обработки информации, автоматического метеонаблюдения, комплектом жизнеобеспечения, системами автономного энерго- и водоснабжения, вытяжной вентиляции, отопления и кондиционирования.

Основные технические характеристики комплекса МКХК представлены в таблице 1.

Имеющееся в составе комплекса оборудование позволяет проводить специальный хи-



Рисунок 1 – Внешний вид мобильного комплекса химического контроля (фотография из архива ФГБУ «33 ЦНИИИ» Минобороны России)

¹ Положение о мобильной диагностической группе ФГБУ «33 ЦНИИИ» Минобороны России, утв. НВ РХБЗ ВС РФ 28.02.2015 г.

² Концепция федеральной целевой программы «Национальная система химической и биологической безопасности Российской Федерации (2009–2013 гг.)». Утверждена Распоряжением Правительства РФ от 28.01.2008 г. № 74-р.

³ Министерство обороны РФ. Приказ Министра обороны от 16.04.2014 № 249. О принятии в эксплуатацию Вооруженных Сил Российской Федерации комплекса мобильного химического контроля МКХК.



А

Б

Рисунок 2 – Внешний вид оборудования, размещенного в машине мобильной группы (А) и кузове-контейнере мобильной лаборатории (Б) (фотографии из архива ФГБУ «33 ЦНИИИ» Минобороны России)

Таблица 1 – Технические характеристики мобильного комплекса химического контроля

Наименование характеристики	Значение
Расчет, чел.	8
Время подготовки к работе, мин	не более 60
Время предварительной идентификации обнаруженных мобильной группой веществ (с момента прибытия), мин	не более 30
Время подтверждающей идентификации обнаруженных веществ силами и средствами мобильной лаборатории (с момента доставки проб), мин	не более 180
Типы обнаруживаемых веществ	РВ, ТХ, СДЯВ
Нижний предел обнаружения токсичных химикатов в объектах окружающей среды	на уровне ПДК
Запас расходных материалов для автономной работы в течение, сут	10
Скорость движения, км/ч: по шоссейным дорогам по грунтовым дорогам	до 90 до 50
Запас хода, км	до 700
Диапазон рабочих температур, °C	от минус 20 до 40
Примечание. РВ – радиоактивные вещества; ТХ – токсические химикаты; СДЯВ – сильнодействующие ядовитые вещества.	

мический контроль с целью установления типа обнаруживаемых веществ и их идентификации в объектах окружающей среды и сложных по составу матрицах.

Аналитическое оборудование подразделяется на стационарное и портативное. Портативное оборудование мобильной группы применяется непосредственно на месте отбора

Таблица 2 – Технические характеристики портативных приборов химического контроля из состава МКХК

Характеристики	Комбинированный газоанализатор GDA 2,5	Спектрометр комбинационного рассеяния света FirstDefender	Инфракрасный спектрометр TruDefender FT	Инфракрасный спектрометр TruDefender FTG
				
Используемый метод	Спектрометрия ионной подвижности, фотоионизация, полупроводниковый и электрохимический сенсоры	Спектроскопия комбинационного рассеяния света	ИК спектроскопия с преобразованием Фурье	ИК спектроскопия с преобразованием Фурье
Спектральный диапазон, см ⁻¹	–	250–2875	4000–650	4000–650
Объекты исследования	Газы	Сыпучие порошки, жидкости, находящиеся в емкостях (оболочках) из оптически прозрачных материалов	Жидкости и порошки	Газообразные химикаты в бочках, барабанах, баллонах и других замкнутых емкостях
Количество обнаруживаемых веществ	42	более 13000	более 11000	более 4000
Время измерения, с	от 10	от 180	от 180	от 180
Диапазон рабочих температур, °С	от -20 до 40	от -20 до 40	от -20 до 40	от -20 до 40
Габаритные размеры, мм	395 × 112 × 210	300 × 150 × 76	200 × 110 × 60	289 × 111 × 60
Масса, кг	4,6	1,8	1,4	1,4

проб в целях проведения экспресс-анализа веществ, а оборудование мобильной лаборатории позволяет проводить углубленный анализ проб и идентификацию обнаруженных токсичных химикатов. В состав комплекса МКХК также включены приборы радиационной разведки и контроля, предназначенные для поиска источников ионизирующих излучений и определения их радионуклидного состава. Состав и технические характеристики портативных средств химического контроля представлены в таблице 2.

Основу аналитического оборудования мобильной лаборатории комплекса составляют два хромато-масс-спектрометра Agilent 5975T с системами парофазного ввода проб Agilent G1888A и термической десорбции ACEM 9300 для экстракции соединений из различных объектов окружающей среды.

Представленные в мобильном комплексе технические средства химической разведки и химического контроля позволяют обнаружи-

вать и идентифицировать токсичные химикаты и сильнодействующие ядовитые вещества в исследуемых пробах на уровне предельно допустимых концентраций в диапазоне рабочих температур от минус 20 °С до 40 °С.

В ходе создания комплекса был разработан методический аппарат, обеспечивающий функционирование расчета МКХК при выполнении широкого спектра задач, которые могут быть поставлены перед специалистами МДГ. Впоследствии этот методический аппарат многократно расширялся и уточнялся по результатам или в ходе участия МКХК в обеспечении РХ безопасности различных массовых мероприятий.

В настоящее время для успешного и своевременного принятия мер реагирования при возникновении химических угроз, способных привести к заражению объектов окружающей среды и поражению людей, в ходе обеспечения химической безопасности при проведении крупных мероприятий реализуется алгоритм

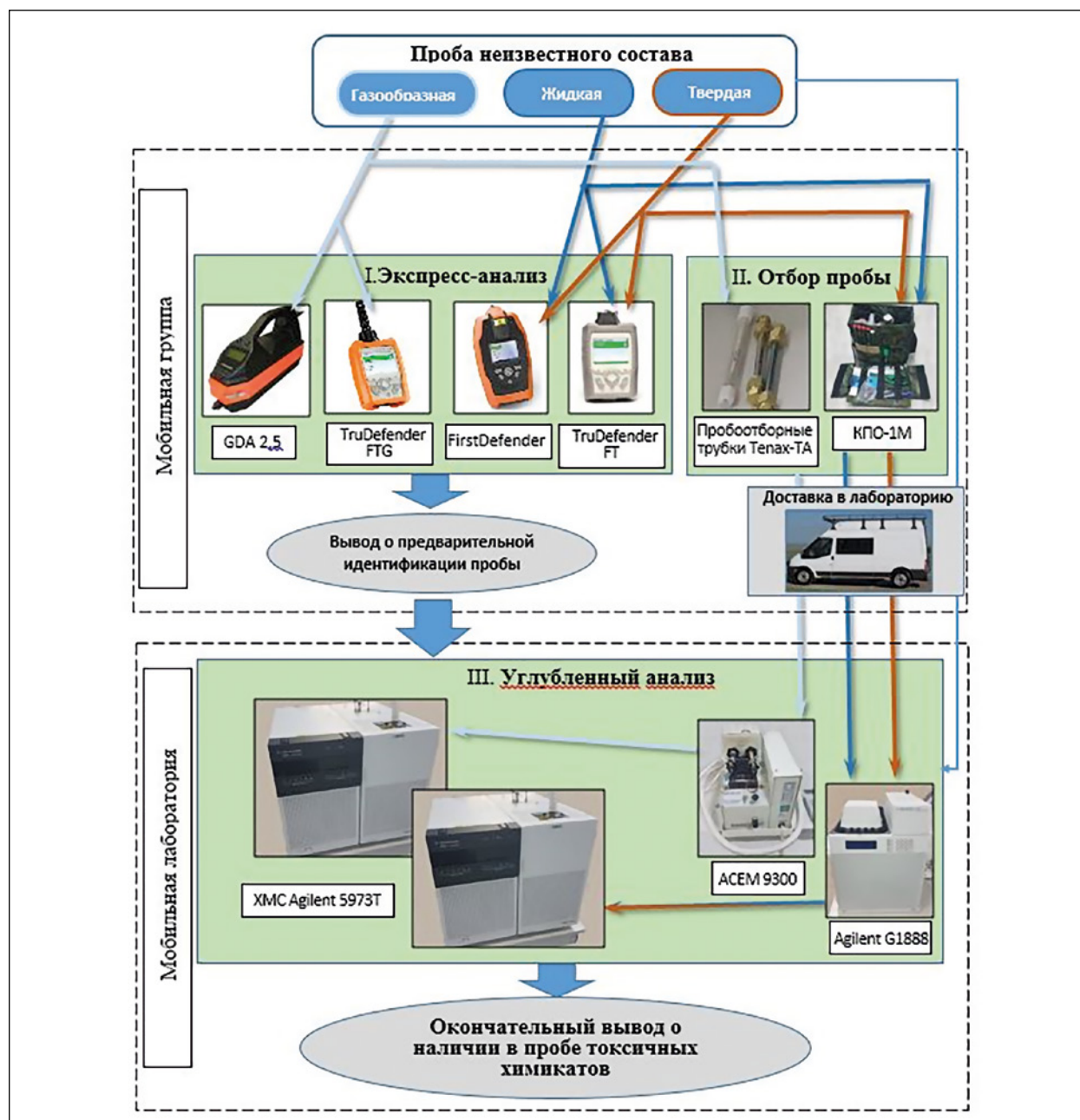


Рисунок 3 – Схема алгоритма проведения специального химического контроля техническими средствами комплекса МКХК (составлена авторами статьи)

последовательных действий проведения специального химического контроля в целях обнаружения и идентификации токсичных химикатов с использованием аналитического оборудования комплекса МКХК, схема которого представлена на рисунке 3 [2].

На первом этапе представленного алгоритма проведения специального химического контроля проводится экспресс-анализ воздуха в месте обнаружения подозрительных предметов (аварии) с использованием газоанализатора GDA 2.5. Для обследования газообразных химикатов в бочках, барабанах, баллонах и

других замкнутых емкостях используется портативный ИК-Фурье спектрометр TruDefender FTG. При отсутствии в воздухе токсичных химикатов проводится отбор и анализ жидких и твердых проб с применением портативного спектрометра комбинационного рассеяния света FirstDefender и ИК-Фурье спектрометра TruDefender FT.

Второй этап представляет собой процесс отбора проб воздуха с использованием пробоотборных трубок, отбор твердых или жидких проб – с использованием комплекта КПО-1М. Данный этап проводится в тех случаях, когда

портативными приборами химического контроля установить тип заражения не удалось или результаты проведенного экспресс-анализа неоднозначны и требуют проведения дополнительных исследований.

Углубленный химический анализ, поиск следовых количеств и окончательное подтверждение наличия токсичных химикатов в исследуемых пробах проводится на завершающем, третьем этапе с применением хромато-масс-спектрометрических систем Agilent 5975T с системой парофазного ввода проб Agilent G1888 и системой термической десорбции ACEM 9300.

С учетом указанной технической и методической оснащенности МДГ института способна решать широкий спектр задач по химическому и радиационному контролю различных объектов окружающей среды. В целом эти задачи можно объединить в 3 группы:

- химическая и радиационная разведка (контроль) с использованием портативных средств с целью подтверждения безопасности помещений, объектов и территорий при подготовке и в ходе проведения массовых мероприятий;
- оперативный выезд для анализа проб на месте обнаружения потенциального химического заражения и выдачи прогноза о степени его опасности для окружающих и возможных мерах по ликвидации заражения;
- проведение в автономных условиях углубленного химического анализа, поиска следовых количеств, окончательного подтверждения наличия и идентификации токсичных химикатов в исследуемых пробах различных объектов окружающей среды.

Введение в эксплуатацию комплекса МКХК значительно расширило возможности специалистов МДГ института при участии, в ряде случаев – совместно с МДГ других научно-исследовательских институтов войск РХБ защиты [3]: ФГБУ 27 НЦ МО РФ и ФГБУ «48 ЦНИИ» Минобороны России, в обеспечении РХ безопасности различных международных политических, экономических и спортивных мероприятий, а также в выполнении отдельных экспедиционных задач.

Началом активного применения МДГ, укомплектованной современным оборудованием, можно считать лето 2013 г., когда впервые специалисты института приняли участие в мероприятиях по обеспечению РХ безопасности при проведении XXVII Всемирной летней Универсиады в г. Казани. По прибытии в г. Казань мобильная группа МКХК поступила в оперативное подчинение начальнику войск РХБ защиты ЦВО и на основании его распоряжений, при тесном взаимодействии с МЧС, ФСБ, МВД, ФСО и Роспотребнадзором, выполняла задачи по РХ контролю на объектах Универсиады,



Рисунок 4 – Проведение химического контроля стадиона «Казань Арена» в г. Казань, 2013 г. (фотографии из архива ФГБУ «33 ЦНИИ» Минобороны России)

железнодорожных и автовокзалах, промышленных предприятиях (рисунок 4).

Именно при подготовке и проведении XXVII Всемирной летней Универсиады 2013 года сотрудники института столкнулись с необходимостью корректировки нормативно-технической документации, регламентирующей мероприятия и порядок проведения специального химического контроля мобильными лабораториями и комплексами. Поэтому задачи по специальному химическому контролю, в том числе при реальных выбросах промышленных химикатов предприятиями г. Казани, были выполнены за счет высокой квалификации и профессионализма расчета мобильной группы, укомплектованной современным аналитическим оборудованием.

Начиная с 2014 г. по настоящее время специалисты МДГ института привлекаются для обеспечения РХ безопасности в ходе подготовки и проведения большинства крупных международных политических, экономических и спортивных мероприятий (таблица 3).

Большинство мероприятий проводилось в России впервые, подчеркивая важность и значимость нашей страны на международной политической арене. На данных мероприятиях присутствовали первые лица и высокопоставленные гости России и иностранных государств. Проводимые мероприятия широко освещались международной прессой, а значит, любой негативный случай химического характера, который мог возникнуть на данных мероприятиях, мог стать известным общественности и вызвать международный резонанс, что, в свою очередь, могло бы спровоцировать напряженность в обществе и послужить поводом для оказания давления на действия и политику России [4]. Таким образом, на специалистов МДГ института возлагалась высокая

Таблица 3 – Перечень международных политических, экономических и спортивных мероприятий, в ходе которых привлекались специалисты МДГ института для обеспечения РХ безопасности

Год проведения	Мероприятие международного уровня	Место проведения	Число стран-участников
2013	XXVII Всемирная летняя Универсиада	Казань	162
2014	XXII Зимние Олимпийские игры	Сочи	88
2014	XI Зимние Паралимпийские игры	Сочи	45
2015	XVI Чемпионат мира по водным видам спорта	Казань	190
2015	Формула-1 Гран-при России	Сочи	11
2016	Формула-1 Гран-при России	Сочи	11
2016	Саммит Россия – АСЕАН	Сочи	11
2017	III зимние Всемирные военные игры	Сочи	26
2017	XIX Всемирный фестиваль молодежи и студентов	Сочи	180
2017	Российский Инвестиционный форум	Сочи	8
2017	Кубок конфедерации FIFA 2017	Москва, Санкт-Петербург, Казань, Сочи	8
2018	Конгресс национального диалога Сирии	Сочи	13
2018	IV Восточный экономический форум	остров Русский	60
2018	ЧМ по футболу FIFA-2018	12 городов России	32
2019	XXIX Всемирная зимняя Универсиада	Красноярск	58

ответственность по организации и проведению мероприятий по обеспечению РХ безопасности.

В ходе обеспечения безопасности проводилась РХ разведка объектов и прилегающей к ним территории, которые условно можно разделить на 4 подгруппы:

- объекты дорожной инфраструктуры (метро, автовокзалы, ж/д вокзалы, аэропорт, маршруты движения официальных делегаций);

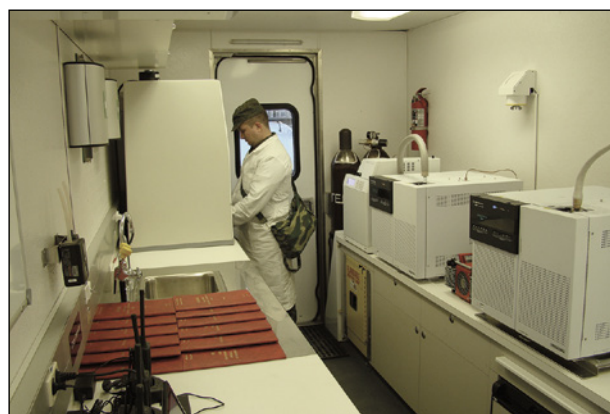


Рисунок 5 – Подготовка к проведению углубленного химического анализа отобранных проб, Сочи, 2014 г. (фотографии из архива ФГБУ «33 ЦНИИИ» Минобороны России)

- объекты по назначению (спортивные стадионы, площадки, комплексы и др.);

- объекты, предназначенные для размещения прибывающих делегаций (гостиницы, базы отдыха, санатории и др.);

- объекты общественного назначения (территории проведения фестивалей, концертов и других площадок, на которых предусмотрено массовое скопление болельщиков, туристов, отдыхающих граждан, удаленные пункты досмотра техники и груза, центры волонтеров и др.).

Основными вопросами проверок объектов являлись (рисунки 5–7):

- определение наличия бытовых и/или промышленных химических веществ на объекте, их объем, условия хранения, оценка возможности их использования не по назначению;

- системы приточно-вытяжной вентиляции, помещения забора и очистки воздуха;

- технические помещения, склады, подвалы и чердаки;

- места размещения, отдыха, общего пользования;

- технические системы РХ контроля;

- руководящие документы, определяющие организацию РХ контроля на объекте, а также знание их дежурными сменами.

Как известно, спортивные мероприятия могут посещать тысячи, а некоторые мероприятия – десятки тысяч зрителей, что определяет



Рисунок 6 – Экспресс-анализ воздуха помещений химических предприятий, Казань, 2015 г. (фотографии из архива ФГБУ «33 ЦНИИИ» Минобороны России)



Рисунок 7 – Проведение радиационного и химического контроля, Сочи, 2017 г. (фотографии из архива ФГБУ «33 ЦНИИИ» Минобороны России)

особенности обеспечения РХ безопасности проводимого мероприятия. В таких случаях особенно важной процедурой является проведение РХ контроля транспортных средств (рисунок 8) и зрителей на контрольно-пропускных пунктах внешних охраняемых периметров объектов спортивного и культурного назначения. Так, например, на чемпионате мира по футболу в г. Казани проведен радиационный контроль более 250 тыс. зрителей футбольных матчей, из которых из которых порядка 9 тыс. – болельщики, прибывшие из разных стран мира. При этом радиационный контроль граждан в зоне фестиваля болельщиков FAN FEST FIFA составил уже более 400 тыс. человек.

Опыт показывает, что срабатывание технических систем радиационного контроля может происходить как на личные вещи, так и непосредственно на самих людей, которые находятся на лечении в онкологических медицинских заведениях. По каждому выявленному случаю специалистами МДГ проводится измерение фона, установление радионуклида, используемого при диагностике конкретного человека, после чего делается заключение о безопасности окружающих граждан.

Для исключения возникновения чрезвычайных ситуаций, связанных с химическим заражением, на контролируемых объектах устанавливались ограничения по объемам проносимых на объекты емкостей с различными веществами. При этом гражданам разрешалось иметь при себе лекарственные препараты при наличии соответствующих документов. Контроль таких емкостей с препаратами на предмет содержания токсичных химикатов также осуществлялся с применением портативных средств экспрессного анализа.

Результат сложной, кропотливой работы специалистов МДГ по ежедневной организации

и проведению технических процедур химической безопасности крупных международных мероприятий оценен на высоком уровне представителями различных органов государственной власти, о чем свидетельствуют награды специалистам МДГ от Президента РФ, Министра обороны РФ, начальника войск РХБ защиты ВС РФ, а также от правительства субъектов РФ и местного самоуправления городов-участников.

Необходимо отдельно отметить, что специалисты МДГ института привлекались для выполнения специальных задач по обеспечению экологической безопасности РФ. К наиболее значимым можно отнести следующие (рисунок 9):

- проводимая в 2016 г. совместная экспедиция Министерства обороны РФ и Русского географического общества на островах средней Курильской гряды [5];



Рисунок 8 – Проведение радиационного контроля на удаленной площадке досмотра груза, Казань, 2018 г. (фотографии из архива ФГБУ «33 ЦНИИИ» Минобороны России)



А



Б

Рисунок 9 – Проведение экспресс-анализа отобранных проб на о. Матуа, 2016 г. (А) и Козельском полигоне ядохимикатов и пестицидов, 2020 г (Б) (фотографии из архива ФГБУ «33 ЦНИИИ» Минобороны России)

- ликвидация химического заражения, а также уничтожение более миллиона тонн отходов «Усольехимпрома» в г. Усолье-Сибирском.

Отмечая техническую оснащенность МДГ, выполняющей большой объем важных задач по обеспечению РХ безопасности, следует помнить важный постулат, сформулированный академиком Ю.А. Золотовым: «Современные аналитические лаборатории – это, прежде всего, хорошее оборудование, «умные» измерительные приборы. Но далеко не только. Приборы ничего не стоят без методик, причем очень часто тщательно проверенных и тем или иным способом узаконенных. Но даже прекрасно оборудованная, оснащенная всем необходимым лаборатория бесполезна, если в ней нет подготовленных, опытных сотрудников, толковых руководителей» [6]. В этой связи отметим, что для успешного и своевременного принятия мер реагирования при возникновении химических угроз, характеризующих как непосредственно поражение людей, так и заражение объектов окружающей среды, в составе МДГ института на сегодняшний день насчитывается 50 профильных специалистов, 40 % из которых – это кандидаты наук по техническим, химическим и медицинским специальностям.

Таким образом, оснащение мобильной диагностической группы института мобильным комплексом МКХК, укомплектованным со-

временным оборудованием: портативными приборами химического и радиационного контроля, средствами пробоотбора, спектральными аналитическими приборами, а также средствами связи, навигации, обработки информации, автоматического метеонаблюдения, автономного жизнеобеспечения позволило вывести возможности МДГ на качественно новый технический и методический уровень. Комплекс способен обеспечить обнаружение как малоопасных, так и аварийных концентраций практически всех известных токсичных химикатов в различных пробах, проводить идентификацию этих веществ в объектах окружающей среды. Уровень технического оснащения, разработанный и внедренный в практику методический аппарат, а также достигнутая квалификация персонала МКХК позволяют не только успешно интегрировать комплекс в целом или его группы в межведомственные системы контроля РХБ обстановки (с участием представителей других федеральных органов исполнительной власти: ФСБ России, МЧС России, ФМБА России, Роспотребнадзора и др.) при подготовке и проведении крупных массовых мероприятий, но и рассматривать МДГ ФГБУ «33 ЦНИИИ» Минобороны России как самостоятельное профессиональное подразделение, способное выполнять поставленные сложные аналитические задачи в автономном режиме.

Информация о конфликте интересов

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

Сведения о рецензировании

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

Список источников / References

1. Брагинец А.А., Жохов А.К., Полякова Г.Ю., Серебренников Б.В. Расширение возможностей мобильных химических лабораторий войск радиационной, химической, биологической защиты // Вестник академии военных наук. 2016. Т. 57. № 4. С. 136–141.
 2. Патент РФ № 2629707 (2017).
Patent RF № 2629707 (2017).
 3. Шабельников М.П., Михайлов В.Г., Терновой А.В. и др. Деятельность мобильной диагностической группы 27 НЦ МО РФ // Вестник войск РХБ защиты. 2018. Т. 2. № 3. С. 55–63. <https://doi.org/10.35825/2587-5728-2018-2-3-55-63>
 4. Путин С.Б., Самарин В.Д. Комплексная система химической безопасности России: теоретические основы и принципы построения. М.: Машиностроение, 2010. 280 с.
 5. Кужелко С.В., Ковтун В.А., Колесников Д.П. Экспедиция специалистов войск РХБ защиты на остров Матуа Курильской гряды // Вестник войск РХБ защиты. 2018. Т. 2. № 1. С. 12–23. <https://doi.org/10.35825/2587-5728-2018-2-1-12-23>
 6. Золотов А.Ю. Современные аналитические лаборатории // Журн. аналитической химии. 2009. Т. 64. № 2. С. 117.
- Shabelnikov M.P., Mikhaylov V.G., Ternovoy A.V. et al. Activities of the Mobile diagnostic group of the «27 Scientific Centre» of the Ministry of Defence of the Russian Federation // Journal of NBC Protection Corps. 2018. V. 2. № 3. P. 55–63 (in Russian). <https://doi.org/10.35825/2587-5728-2018-2-3-55-63>
- Putin S.B., Samarin V.D. Integrated system of chemical safety in Russia: theoretical basis and principles of structure. Moscow: Mashinostroyeniye, 2010. 280 p. (in Russian).
- Kuzhelko S.V., Kovtun V.A., Kolesnikov D.P. The NBC Defence Troops Specialists' Expedition to Matua Island in the Kuril Chain // Journal of NBC Protection Corps. 2018. V. 2. № 1. P. 12–23 (in Russian). <https://doi.org/10.35825/2587-5728-2018-2-1-12-23>
- Zolotov A.Yu. Modern analytical laboratories // Journal of Analytical Chemistry. 2009. V. 64. № 2. P. 117 (in Russian).

Об авторах

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

Иноземцев Валерий Александрович. Начальник института, д-р воен. наук, канд. хим. наук.

Жохов Александр Константинович. Заместитель начальника отдела, канд. хим. наук.

Бойко Андрей Юрьевич. Старший научный сотрудник, д-р техн. наук, доцент.

Самородов Александр Сергеевич. Старший научный сотрудник, канд. техн. наук.

Жидяев Антон Владимирович. Научный сотрудник.

Брагинец Анатолий Андреевич. Начальник лаборатории.

Контактная информация для всех авторов: 33cnii-ito@mil.ru

Контактное лицо: Жохов Александр Константинович, 33cnii-ito@mil.ru

The Mobile Complex of Chemical Control as the Basis of Technical Equipment of the Mobile Diagnostic Group of the 33 Central Scientific Research Test Institute of the Ministry of Defence of the Russian Federation

V.A. Inozemtsev, A.K. Zhokhov, A.Yu. Boyko, A.S. Samorodov,

A.V. Zhidyayev, A.A. Braginet

*Federal State Budgetary Establishment «33 Central Scientific Research Test Institute»
of the Ministry of Defence of the Russian Federation, Krasnoznamennaya Street 1,
Volsk-18, Saratov Region 412918, Russian Federation*

Received 10 January 2021. Accepted for publication 20 March 2021.

The special mobile diagnostic group (MDG) is formed in the Federal State Budgetary Establishment «33 Central Scientific Research Test Institute» of the Ministry of Defence of the Russian Federation (hereinafter referred to as the institute) to perform tasks related to the radiation and chemical (RCh) control of different objects, to ensure RCh safety and security of mass events, as well as to perform special tasks of RCh examination of samples of all kinds. The *purpose of the work* is to consider the design, capabilities and organization of the mobile complex of chemical control (MCCC), which is the basis of the technical equipment of the MDG. The complex is created on the basis of Ford-Transit off-road vehicle with the equipment for the MDG and a container installed on a two-axle platform, where the equipment for the MDG is located. The complex is equipped with modern analytical equipment, means of communications, navigation, information processing and automatic meteorological observation, with the life support kit, autonomous power and water supply systems, exhaust ventilation, heating and air conditioning systems. The technical characteristics of the MCCC are as follows: crew – 8 people; preparation time – no more than 60 minutes; time for the preliminary identification of substances detected by the mobile group (from the moment of arrival) – no more than 60 minutes; the lower limit of detection of toxic chemicals in environmental objects – at the maximum concentration limit; time of confirming identification of detected toxic chemicals (from the moment of delivery of samples) – no more than 180 minutes; cruising range – up to 700 km. The methodological apparatus is also developed, that ensures the functioning of the MCCC crew during the performance of wide range of tasks of the MDG. Subsequently, this methodological apparatus has been repeatedly expanded and refined based on the results of the complex's participation in ensuring the RCh security of various mass events. The algorithm of carrying out special chemical control by technical means of the MCCC complex is presented in the article. The complex is capable of detecting both low-hazard and emergency concentrations of practically all known toxic chemicals in various samples, and identifying these substances in environmental objects.

Keywords: analytical equipment; gas analyzer; mobile diagnostic group; mobile complex; maintenance of chemical safety and security; spectrometer; toxic chemicals; chemical control.

For citation: Inozemtsev V.A., Zhokhov A.K., Boyko A.Yu., Samorodov A.S., Zhidyaev A.V., Braginets A.A. The Mobile Complex of Chemical Control as the Basis of Technical Equipment of the Mobile Diagnostic Group of the 33 Central Scientific Research Test Institute of the Ministry of Defence of the Russian Federation // *Journal of NBC Protection Corps*. 2021. V. 5. № 1. P. 54–64. <https://doi.org/10.35825/2587-5728-2021-5-1-54-64>

Conflict of interest statement

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

Peer review information

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

References

See P. 63.

Authors

Federal State Budgetary Establishment «33 Central Scientific Research Test Institute» of the Ministry of Defence of the Russian Federation. Krasnoznamennaya Street 1, Volsk-18, Saratov Region 412918, Russian Federation.

Valeriy Alexandrovich Inozemtsev. Head of Institute. Doctor of Military Sciences, Candidate of Chemical Sciences.

Alexander Konstantinovich Zhokhov. Deputy Head of the Department. Candidate of Chemical Sciences.

Andrey Yuryevich Boyko. Senior Researcher. Doctor of Technical Sciences, Associate Professor.

Alexander Sergeyevich Samorodov. Senior Researcher. Candidate of Technical Sciences.

Anton Vladimirovich Zhidyaev. Researcher.

Anatoly Andreevich Braginets. Head of the Laboratory.

Contact information for all authors: 33cnii-ito@mil.ru

Contact person: Alexander Konstantinovich Zhokhov, 33cnii-ito@mil.ru

Подготовка специалистов РХБ разведки к выполнению специальных задач

О.В. Болтыков, И.А. Сазонов, А.О. Смирнов

**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 02.02.2020 г. Принята к публикации 20.03.2021 г.

Боевая подготовка является основным содержанием повседневной деятельности командиров (начальников), органов управления (штабов) и войск. *Цель работы* – обобщить опыт подготовки специалистов РХБ разведки к выполнению специальных задач в ходе сборов специалистов РХБ разведки в период с декабря 2018 г. по март 2020 г. на базе воинских частей Шиханского гарнизона. Участники сборов прибывали в составе сводных и штатных расчетов, прошедших отбор по итогам боевой подготовки последнего периода обучения. Сборы проводились под руководством Управления начальника войск радиационной, химической и биологической защиты Вооруженных Сил Российской Федерации. Основными формами обучения стали: лекционные, практические и контрольные занятия по военно-политической, специальной, огневой, технической, военно-медицинской подготовке, по РХБ защите, вождению, военной топографии и подготовке по связи, с практическим выполнением нормативов. В ходе сборов большое внимание было уделено психологической подготовке военнослужащих. Осуществлялся входной и выходной контроль участниками сборов. В вводной части с участниками сборов проводились лекции по темам: «Особенности химического контроля», «Опыт выполнения задач РХБ защиты в современных вооруженных конфликтах». Занятия по специальной подготовке проводились на специальной технике и на специальном оборудовании РХМ-6 и были направлены на определение ТХ и АХОВ штатными и специальными техническими средствами, на отбор проб для лабораторного контроля в соответствии с требованиями Организации по запрещению химического оружия (ОЗХО). В ходе проведения сборов личный состав получил практические навыки работы по определению АХОВ, взрывчатых веществ и имитаторов ТХ приборами химической разведки и химического контроля, повышена психологическая устойчивость и готовность к выполнению боевых (учебно-боевых) задач.

Ключевые слова: военная топография; военно-медицинская подготовка; вождение; вооружение военной и специальной техники; ОЗХО; особенности химического контроля; разведывательная химическая машина РХМ-6; специальная подготовка; техническое обслуживание специального оборудования; РХБ защита; огневая подготовка.

Библиографическое описание: Болтыков О.В., Сазонов И.А., Смирнов А.О. Подготовка специалистов РХБ разведки к выполнению специальных задач // Вестник войск РХБ защиты. 2021. Т. 5. № 1. С. 65–70. <https://doi.org/10.35825/2587-5728-2021-5-1-65-70>

Боевая подготовка является основным содержанием повседневной деятельности командиров (начальников), органов управления (штабов) и войск. Она проводится как в мирное, так и в военное время и обусловлена потребностями государства в качественно подготовленных военнослужащих, подразделениях, воинских частях и соединениях, способных

успешно выполнять возложенные на них задачи. Целями обучения являются подготовка военнослужащих, боевых групп (экипажей, расчетов) и подразделений к успешному выполнению боевых задач в современном бою, формирование у личного состава высоких боевых, морально-политических и психологических качеств.



Рисунок 1 – Участники сборов практически работают на топографических картах, на штатных и придаваемых радиостанциях (октябрь 2019 г., фотографии авторов)

Цель работы – обобщить опыт подготовки специалистов РХБ разведки к выполнению специальных задач в ходе сборов специалистов РХБ разведки в период с декабря 2018 г. по март 2020 г. на базе воинских частей Шиханского гарнизона.

В период с декабря 2018 г. по март 2020 г. на базе воинских частей Шиханского гарнизона под руководством Управления начальника войск радиационной, химической и биологической защиты Вооруженных Сил Российской Федерации проводились сборы специалистов РХБ разведки. В сборах приняли участие специалисты подразделений РХБ разведки Западного, Центрального, Южного и Восточного военных округов.

Участники сборов прибывали в составе сводных и штатных расчетов, прошедших отбор по итогам боевой подготовки последнего периода обучения.

В ходе сбора основными формами обучения стали лекционные, практические и контрольные занятия по военно-политической, специальной, огневой, технической, военно-медицинской подготовке, по РХБ защите, вождению, военной топографии и подготовке по связи, с практическим выполнением нормативов.

Кроме того, в ходе сборов большое внимание было уделено психологической подготовке военнослужащих, элементы которой были неразрывно встроены практически во все предметы боевой подготовки.

На этапе входного контроля проводилось изучение морально-политических и психологических качеств военнослужащих. Оценивался уровень понимания и поддержки личным составом государственной политики в области обороны и военной безопасности Российской Федерации, решений военно-по-

литического руководства государства по вопросам строительства, развития и подготовки Вооруженных Сил¹.

Также было проведено тестирование по специальной подготовке с целью определения уровня обученности личного состава.

На заключительном этапе входного контроля производилась оценка физической подготовки военнослужащих и оценивалась психологическая готовность к выполнению задач в сложных условиях обстановки.

В вводной части с участниками сборов проводились лекции по темам: «Особенности химического контроля», «Опыт выполнения задач РХБ защиты в современных вооруженных конфликтах».

В подготовительной части:

Проводились лекции на темы «Международные и российские нормативно-правовые акты по отбору проб», «Классификация токсичных химикатов (ТХ) и аварийных химически опасных веществ (АХОВ)».

В ходе занятий по военно-политической подготовке основное внимание уделялось изучению военнослужащими военно-политической обстановки, вопросам предназначения Вооруженных Сил Российской Федерации по отражению угроз национальной безопасности.

На занятиях по военной топографии личный состав получил практические навыки по порядку определения географических и плоских прямоугольных координат, определения азимутов и дирекционных углов по топографической карте.

Подготовка по связи была направлена на практическую работу на штатных радиостанциях, в радиосети и радионаправлении. Участники сбора получили практику работы на

¹ Приказ Министра обороны Российской Федерации от 22 июля 2019 г. № 404 «Об организации военно-политической работы в Вооруженных Силах Российской Федерации».

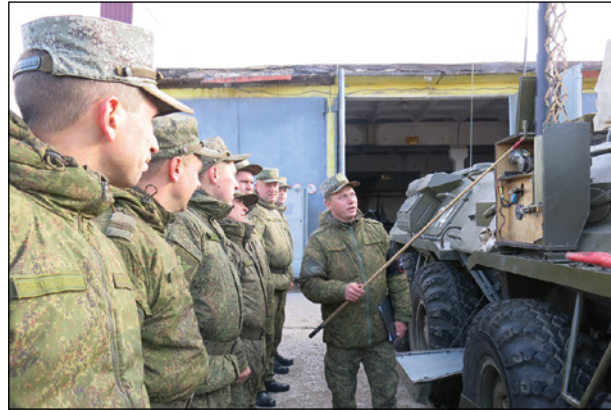


Рисунок 2 – Изучение характерных неисправностей специального оборудования РХМ-6 и порядка их устранения (октябрь 2019 г., фотографии авторов)

придаваемых в особых условиях выполнения задач радиостанции типа Р-187П1 «Азарт-П1», являющейся основным, а во многих случаях и единственным средством прямой связи с подвижными объектами (органами и пунктами управления, управляемыми объектами), находящимися в движении, на труднодоступных участках местности и в других сложных условиях обстановки. При работе на радиостанциях были даны рекомендации по увеличению дальности и улучшения качества связи² (рисунок 1).

На занятиях по технической подготовке изучались характерные неисправности БТР-80, способы их устранения, особенности проведения технического обслуживания специального оборудования разведывательной химической машины РХМ-6, порядок приема (передачи) вооружения, военной и специальной техники

(ВВСТ), а также учета технического состояния, наработки (базовых шасси) (рисунок 2)³.

В ходе выполнения упражнения по вождению БТР-80 механики-водители совершенствовали навыки в подготовке к движению, уверенном вождении на максимально возможной скорости с преодолением препятствий, в сложных условиях местности. Отрабатывались задачи по использованию средств буксировки, эвакуации и приспособлений для самовытаскивания (рисунок 3).

На занятии по военно-медицинской подготовке рассматривались наиболее характерные причины и признаки ранений и травм, требующих оказания неотложной помощи. Личный состав получил практические навыки в оказании первой помощи при огнестрельном, осколочном ранении с использованием табельных и подручных средств, эвакуации и



Рисунок 3 – Вождение боевых машин с преодолением препятствий на местности (октябрь 2019 г., фотографии авторов)

² Радиостанция Р-187П1 «Азарт-П1». Руководство по эксплуатации. ПАКД.464113.005 РЭ. Москва: ОАО «НПО «Ангстрем», 2014.

³ Эксплуатация бронетанкового вооружения и техники и военной автомобильной техники (базовых шасси). Единый (базовый) электронный учебник в 5-ти частях. Омск: Филиал военной академии МТО (Омский автобронетанковый инженерный институт), Часть 5, 2016.



Рисунок 4 – Оказание первой помощи при огнестрельном (осколочном) ранении, эвакуация и извлечение раненых из боевой и специальной техники (октябрь 2019 г., фотографии авторов)

извлечении раненых из боевой и специальной техники, введение антидотов при поражении ТХ и АХОВ (рисунок 4).

Занятия по радиационной, химической и биологической защите (РХБ защита) были направлены на совершенствование навыков в действиях по сигналам оповещения о химическом заражении, использовании средств индивидуальной и коллективной защиты, проведении дезактивации, дегазации, дезинфекции вооружения и военной техники, боевой индивидуальной экипировки с выполнением нормативов по РХБ защите. Даны рекомендации по использованию средств очистки воздуха объектов коллективной защиты разведывательных химических машин и средств индивидуальной защиты органов дыхания в условиях высоких температур и высокой запыленности атмосферы (рисунок 5).

В практической части:

Занятия по специальной подготовке проводились на специальной технике и на специальном оборудовании РХМ-6 и были направлены на определение ТХ и АХОВ штатными и специальными техническими средствами, на

отбор проб для лабораторного контроля в соответствии с требованиями Организации по запрещению химического оружия (ОЗХО).

Участники сбора практически определяли ТХ и АХОВ приборами химической разведки и химического контроля, осуществляли поиск источников ионизирующего излучения переносными измерителями мощности дозы (рисунок 6).

В заключительной части:

Занятие по специальной подготовке (контрольно-проверочное) было ориентировано на выполнение практических действий расчета РХМ-6 по организации радиационного, химического и биологического наблюдения (разведки)⁴ в условиях применения имитационной рецептуры ИР-1. При этом отрабатывались задачи по определению ТХ, АХОВ, поиску источников ионизирующего излучения, отбору проб в соответствии с требованиями ОЗХО, с целью определения уровня обученности личного состава и его способности выполнить боевые задачи по предназначению (рисунок 7).

На занятии по огневой подготовке личный состав совершенствовал навыки в действиях



Рисунок 5 – Занятия по РХБ защите (октябрь 2019 г., фотографии авторов)

⁴ Методические указания по организации радиационного, химического и биологического наблюдения (разведки), 2014.



Рисунок 6 – Работа на специальном оборудовании РХМ-6, отбор проб в соответствии с требованиями ОЗХО (октябрь 2019 г., фотографии авторов)



Рисунок 7 – Действия отделения РХБ разведки в условиях реального заражения ИР-1 (июль 2019 г., фотографии авторов)

со штатным оружием (вооружением), подготовке его к боевому применению, уверенном поражении целей первыми выстрелами с места, умелом корректировании огня, ведении его всеми способами по неподвижным, появляющимся, наземным и воздушным целям, в любых климатических условиях, на различной местности, быстрой смене огневой позиции, умелом метании ручных боевых гранат.

Вывод

Участники сборов в составе расчетов получили теоретические знания и практические навыки работы на специальном оборудовании

РХМ-6 при подготовке машин к разведке, по порядку ведения разведки с элементами отбора проб в соответствии с рекомендациями ОЗХО, работе на приборах мобильного комплекса РХБ разведки и мобильного комплекса химического контроля. В ходе проведения сборов личный состав получил практические навыки работы по определению АХОВ, взрывчатых веществ и имитаторов ТХ приборами химической разведки и химического контроля, повышена психологическая устойчивость и готовность к выполнению боевых (учебно-боевых) задач.

Информация о конфликте интересов

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

Сведения о рецензировании

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

Об авторах

Федеральное государственное казенное военное образовательное учреждение высшего профессионального 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.

Болтыков Олег Вадимович. Заместитель начальника Военной академии по военно-политической работе – начальник военно-политического отдела, канд. пед. наук

Сазонов Игорь Анатольевич. Заместитель начальника кафедры, канд. хим. наук

Смирнов Александр Олегович. Старший преподаватель кафедры, канд. хим. наук

Контактная информация для всех авторов: varhzbz mil.ru

Контактное лицо: Сазонов Игорь Анатольевич; varhzbz mil.ru

Training of NBC Reconnaissance Specialists for Special Tasks Performance

O.V. Boltykov, I.A. Sazonov, A.O. Smirnov

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 156013, Russian Federation

Received 2 February 2021. Accepted for publication 20 March 2021.

Combat training is the main content of the daily activities of commanders (chiefs), command and control bodies (headquarters) and troops. The purpose of this work is to summarize the experience of training of NBC reconnaissance specialists, obtained during the training of NBC reconnaissance specialists in the period from December 2018 to March 2020 on the basis of military units of the Shikhany garrison. The main forms of this training were lectures, practical and control exercises in military-political, special, fire, technical, military-medical training, in NBC protection, driving, military topography and communications training. The personnel received practical skills in identifying hazardous chemicals, explosives and toxic chemicals simulators with chemical reconnaissance and chemical control devices.

Keywords: chemical reconnaissance vehicle CRV-6; driving; military topography; military and medical training; military and special vehicles armaments; NBC defense; special training; specifics of the chemical control; technical maintenance of the special equipment; weapons training.

For citation: Boltykov O.V., Sazonov I.A., Smirnov A.O. Training of NBC Reconnaissance Specialists for Special Tasks Performance // *Journal of NBC Protection Corps*. 2020. V. 5. № 1. P. 65–70. <https://doi.org/10.35825/2587-5728-2021-5-1-65-70>

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 156013, Russian Federation.

Oleg Vadimovich Boltykov. Deputy Head of the Military Academy for Military-Political Work – Head of the Military-Political Department, Candidate of Pedagogical Sciences.

Igor Anatolievich Sazonov. Deputy Head of the Department, Candidate of Chemical Sciences.

Alexander Olegovich Smirnov. Senior Lecturer, Candidate of Chemical Sciences.

Contact information for all authors: varhzbz mil.ru

Contact person: Igor Anatolievich Sazonov; varhzbz mil.ru

Робототехнические комплексы (средства) войск радиационной, химической и биологической защиты Вооруженных Сил Российской Федерации (лекция)

К.Н. Аккузин

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 07.07.2020 г. Исправленный вариант 15.03.2021 г. Принята к публикации 20.03.2021 г. Лекция предназначена для подготовки специалистов в высших военных учебных заведениях по Федеральному государственному стандарту «Робототехника военного и специального назначения», а также для подготовки операторов робототехнических комплексов (средств) военного назначения в учебных центрах и воинских частях. В лекции рассмотрены два учебных вопроса: 1) история развития и применения робототехники при ликвидации последствий аварии на Чернобыльской атомной электростанции; 2) назначение, состав и основные тактико-технические характеристики робототехнических комплексов (средств) военного назначения войск РХБ защиты. Представленный материал в лекции позволит расширить кругозор и получить знания обучающимися по вопросам развития и применения робототехники при ликвидации последствий аварии, а также получить знания о состоящих в настоящее время на снабжении в войсках РХБ защиты робототехнических комплексах (средствах) военного назначения.

Ключевые слова: авария на Чернобыльской атомной электростанции; беспилотный летательный аппарат; вооружение и средства РХБ защиты; робототехника; робототехнические комплексы; робототехнические средства; РХБ защита.

Библиографическое описание: Аккузин К.Н. Робототехнические комплексы (средства) войск радиационной, химической и биологической защиты Вооруженных Сил Российской Федерации (лекция) // Вестник войск РХБ защиты. 2021. Т. 5. № 1. С. 71–82. <https://doi.org/10.35825/2587-5728-2021-5-1-71-82>

Роботизация боевых действий и обеспечения деятельности Вооруженных Сил в настоящее время приобрела характер одного из доминирующих направлений в совершенствовании систем вооружения ведущих стран мира. Деятельность войск РХБ защиты Российской Федерации напрямую связана с действиями в условиях повышенного риска, воздействия радиации, опасных химических веществ и биологических средств. В связи с этим в целях снижения боевых потерь, уровня травмирования и числа профессиональных заболеваний военнослужащих, а также повышения эффективности выполнения задач и мероприятий РХБ защиты це-

лесообразно применять роботизированные комплексы (средства) военного, двойного и специального назначения (далее по тексту РТК ВН).

Исходя из целей роботизации и специфики деятельности, войска РХБ защиты одними из первых разработали и приняли на снабжение робототехнические комплексы.

1. История развития и применения робототехники при ликвидации последствий аварии на Чернобыльской атомной электростанции

Упоминания о создании первых роботов относятся к временам античности. Тогда за-

думывалось создание механических людей, способных выполнять тяжелую и рутинную работу. История современной робототехники начинается с появлением атомной промышленности почти сразу после окончания Второй мировой войны.

Мощным импульсом развития гражданской робототехники в СССР послужила авария на Чернобыльской атомной электростанции (далее по тексту ЧАЭС)¹. На момент аварии оказалось, что в стране, первой запустившей человека в космос, обладающей мощнейшей научной базой по разработке автоматических аппаратов для покорения Луны, отсутствовали роботы и роботизированные средства, способные помочь человеку в чрезвычайных ситуациях на Земле.

Первоочередной задачей при оценке и начале ликвидации катастрофы были радиационная разведка, отбор образцов радиоактивных материалов, удаление, сбор и захоронение мусора и частей тепловыделяющих элементов. Из-за высоких фонов радиации, использование труда человека было крайне нежелательным.

Робототехнические комплексы применялись для обеспечения безопасности работы спасателей. Практический опыт ликвидации последствий аварий на объектах с ядерной энергетической установкой показал, что для этих целей необходимо создание мобильных робототехнических устройств, которые могли бы заменить человека на работах в условиях, опасных для его здоровья и жизни.

Роботы, способные обследовать участки с высоким радиационным фоном, не разрабатывались и не производились, а те, которые были



Рисунок 1 – Первый мобильный робот радиационной разведки. Кабель заменили на более длинный, установили на игрушку дозиметр, измеритель температуры и закрепили фонарь [1]

у советских специалистов, оказались непригодными для использования их в условиях повышенной радиации. Они застревали в развалинах, а из-за высокого уровня радиации они «сходили с ума», поскольку радиационные поля создавали помехи в электронных схемах. Поэтому исследователям поначалу пришлось на месте из подручных материалов создавать роботов своими руками. А начиналось все с игрушки.

Одним из самых известных примеров самодельных роботов стал пластмассовый игрушечный танк с кабельным пультом управления (рисунок 1).

По словам создателей, он стал чем-то вроде «охотничьей собаки», которая могла бежать на «поводке» перед исследователями, предупреждая их об опасности. Что немало-



Рисунок 2 – Мобильный робот «Мобот 4-ХВ» [2]

¹ Более полная информация о роботах и робототехнике, применяемой при ликвидации аварии на ЧАЭС, представлена на информационном ресурсе. URL: <http://chornobyl.in.ua/robot.html> (дата обращения: 13.02.2021).

Таблица 1 – Основные виды работ, выполненные с помощью «Мобот Ч-ХВ»

№ п/п	Задача	Место проведения и перечень выполненных работ (операций)	Перечень оборудования, используемого при выполнении задач	Основные результаты
1.	Ведение дозиметрической разведки	Зона «Н». Челночные движения по крыше	Дозиметр ИМД-21	Дозиметрическая карта зоны работы
2.	Очистка кровли	Зона «Н». Подбор радиоактивных кусков и мусора ковшом, манипулятором, транспортировка и сброс в развал 4-го блока	Аппарель, фронтальный погрузчик, манипулятор, дозиметр ИМД-21	Сброшено в 4-й блок 2,2 т радиоактивных продуктов очищено 150 м ² крыши. Радиационный фон понижен в 2–3 раза

важно, он довольно легко отмывался от радиоактивных частиц (пыли). Робот применялся для ведения радиационной разведки и контроля температуры в труднодоступных местах (в реакторном зале).

По заданию начальника Химических войск МО СССР генерал-полковника Пикалова Владимира Карповича (1924–2003) в МВТУ имени Н.Э. Баумана в кратчайшие сроки (10.06.1986–18.08.1986 гг.) был разработан робот «Мобот Ч-ХВ»² (рисунок 2).

Название робота расшифровывается как: «Мобот» – мобильный робот, «Ч» – Чернобыль, «ХВ» – химические войска. Основные виды работ, выполненные с помощью «Мобот Ч-ХВ» в период с 31 августа по 14 сентября 1986 г., представлены в таблице 1.

В последующем разработчики с учетом опыта эксплуатации «Мобот Ч-ХВ» существенно модернизировали комплекс и расширили выполняемые им функции, которые воплотились в дистанционно управляемом комплексе «Мобот Ч-ХВ-2» (рисунок 3).

Двумя комплексами «Мобот Ч-ХВ-2» был проделан большой объем работ и, в том числе, ряд уникальных операций, выполнение которых оказалось возможным только с помощью этих МРК (таблица 2).

Два комплекса «Мобот Ч-ХВ-2» работали с января по апрель и один – с июня по август 1987 г. Правительство высоко оценило выполненные работы, что отразилось в итоговом акте³.

Далее роботы требовались и после строительства укрытия над разрушенным реактором так называемого Саркофага (объект «Укрытие»).

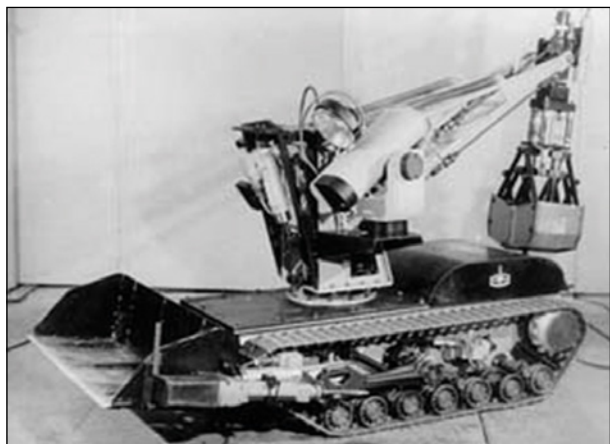


Рисунок 3 – Мобильный робот «Мобот Ч-ХВ-2» [2]

² Применение роботов МРК «МОБОТ Ч-ХВ» и МРК «МОБОТ Ч-ХВ-2» при ликвидации последствий аварии на Чернобыльской АЭС // Специальное конструкторско-технологическое бюро прикладной робототехники (URL: <http://sktbpr.ru/content/mrk-mobot-ch-hv-2>; дата обращения: 13.02.2021).

³ «...В результате уборки площадей кровли уровень фона по гамма-излучению уменьшался в 3–5 раз. Весь объем работ был выполнен без привлечения на вспомогательные операции личного состава, что полностью исключило необходимость вывода человека в зону с повышенной радиацией. Выполнение указанного объема работ роботизированными комплексами «МОБОТ» позволило, согласно проведенным расчетам, исключить 800 человеко-выходов на крышу «М» 3-го энергоблока с получением предельно допустимых доз облучения для личного состава. Из всех имеющихся в наличии робототехнических средств для работы на кровле

Таблица 2 – Основные виды работ, выполненные с помощью двух «Мобот Ч-ХВ-2»

№ п/п	Задача	Место проведения и перечень выполненных работ (операций)	Перечень оборудования, используемого при выполнении задач	Основные результаты
1.	Дозиметрическая разведка крыши	Зоны «Н», «М». Челночные движения по крышам	Дозиметр ИМД-21	Дозиметрические карты крыши зон «Н» и «М»
2.	Уборка снега с крыши, подготовка площадки для сбора радиоактивных обломков	Зоны «Н», «М». Уборка, транспортировка, сброс снега	Контейнеры. Фронтальный погрузчик	Совместная работа 2 роботов. Крыша от снега очищена
3.	Контрольная дозиметрическая разведка	Зона «М»	Дозиметр ИМД-21	Дозиметрическая карта, высокая мощность излучения из-под противопожарной трубы
4.	Уборка и контейнирование оставшихся на крыше радиоактивных обломков	Зона «М». Дробление графитовых блоков и бетонных обломков отбойным молотком. Очистка поверхности, транспортировка, погрузка	Фронтальный погрузчик, манипулятор, дозиметр ИМД-21, отбойный молоток, контейнеры	Совместная работа 2 роботов. Крыша зоны «М» подготовлена к бетонированию
5.	Демонтаж противопожарной трубы и уборка кусков разрезанных труб, очистка освободившихся участков крыши от высокорadioактивных обломков	Зона «М». Установка удлинённых кумулятивных зарядов (УКЗ) мобильным роботом на трубу, установка контактного замыкателя на пластину УКЗ мобильным роботом; резка пожарной трубы взрывом; уборка отрезков труб, радиоактивных обломков и мусора	Специальное устройство с УКЗ; контактный замыкатель, кассета для УКЗ, мобильный робот, подъёмный кран «Деаг», контейнер	Впервые в мировой практике взрывной резки все операции были выполнены с помощью робота. Пожарная труба разрезана на 7 частей. Убраны разрезанные куски пожарной трубы, высокорadioактивные обломки и мусор
6.	Возведение опалубки по периметру крыши зоны «М»	Зона «М». Доставка контейнеров с мешками с песком на крышу. Выгрузка из контейнера и установка мешков с песком по периметру с помощью роботов.	Контейнеры, мешки с песком весом 60–80 кг. Подъёмный кран «Деаг», мобильный робот	Опалубка из 350 мешков установлена по периметру крыши
7.	Размещение маяков в заданных точках крыши для определения высоты уровня заливаемого на кровлю бетона	Зона «М». Доставка контейнера с маяками на крышу. Разгрузка и размещение маяков по крыше. Установка в заданных точках	Контейнер, маяки, подъёмный кран «Деаг», мобильный робот	Установлено 8 маяков
8.	Дезактивации двух мобильных роботов	Территория ЧАЭС. Дезактивационный зал ЧАЭС	Ванна, автомобильная дезактивационная установка, щетки с удлинёнными рукоятками, автокран, дозиметр ДП-5	Мобильные роботы – дезактивированы

Радиационно-опасный Саркофаг требовал изучения состояния внутренних конструкций. Выполнить эту работу было чрезвычайно сложно. Уровни радиационного фона во внутренних помещениях составляли десятки и сотни Рентген, что требовало применения специальных роботов для разведки. Впоследствии эти системы так и стали называться – робот-разведчик.

Малогабаритный робот (магнитоход), который с помощью магнитохода и установ-

ленных на нем дозиметров измерял распределение МЭД по высоте северной контрфорсной стены. Внешний вид данного робота представлен на рисунке 4.

Для бурения скважин в целях отбора проб с глубины до 6 м применялся мобильный робот ТР-4 (рисунок 5).

Накопленный опыт использования роботов при ликвидации аварии на ЧАЭС способствовал появлению нового направления в

«МОБОТ» МВТУ им. Н.Э. Баумана является наиболее совершенной системой и может быть использован как прототип для дальнейшей разработки подобных телеуправляемых роботизированных систем...» (URL: <http://sktbp.ru/content/mrk-mobot-ch-hv-2>; дата обращения: 13.02.2021).



Рисунок 4 – Малогабаритный робот (магнитоход) (URL: <http://chornobyl.in.ua/wp-content/uploads/robot-magnitohod.jpg>; дата обращения: 13.02.2021)

робототехнике, которое получило название «экстремальная робототехника», для ликвидации чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера.

К сожалению, сегодня значительная часть разработок забыта, часть роботостроительных конструкторских коллективов прекратили свое существование, а их богатый опыт утерян. Но часть институтов, особенно в России, и сегодня занимаются созданием многоцелевых роботов для работы в чрезвычайной обстановке, в том числе и МГТУ имени Н.Э. Баумана.

2. Назначение, состав и основные тактико-технические характеристики робототех-

нических комплексов (средств) военного назначения войск РХБ защиты

Войска РХБ защиты ВС РФ не стоят на месте, активно совершенствуют технологии и модернизируют вооружение, военную и специальную технику, в том числе с целью достижения высокой степени эффективности, активно применяют робототехнические комплексы и средства.

2.1. Комплекс подвижный робототехнический

В 2002 г. приказом Министра обороны Российской Федерации был принят на снабжение первый робототехнический комплекс⁴ – комплекс подвижный робототехнический (КПР). Предназначен для ведения визуальной и радиационной разведки и дозиметрического контроля местности, обозначения зараженной зоны, гамма поиска, отбора и контейнирования высокоактивных радиоактивных фрагментов в зонах с высокими уровнями радиации и опасных предметов, транспортировки контейнеров с опасным грузом к месту утилизации (рисунок 6).

В состав КПР входят: средство подвижности на базе кузова-фургона К5350 на шасси автомобиля КАМАЗ-43114 с прицепом ГKB-8334; мобильные робототехнические комплексы на базе следящих электромеханизмов МРК-45, МРК-46, а также пост дистанционного управления, канал связи и дополнительное оборудование (пробоотборники грунта и жидкости, отбойный молоток, перфоратор и др.). Основные тактико-технические характеристики представлены в таблице 3.

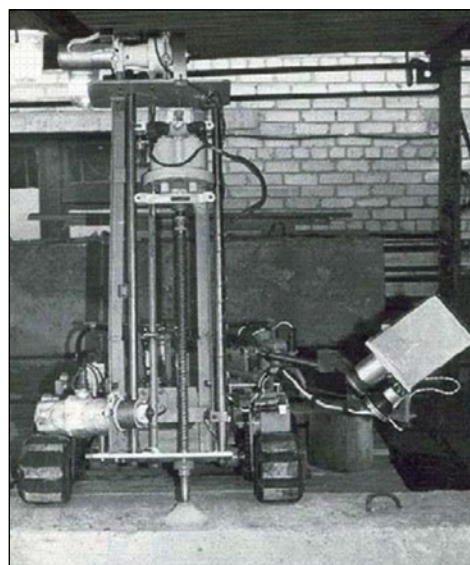
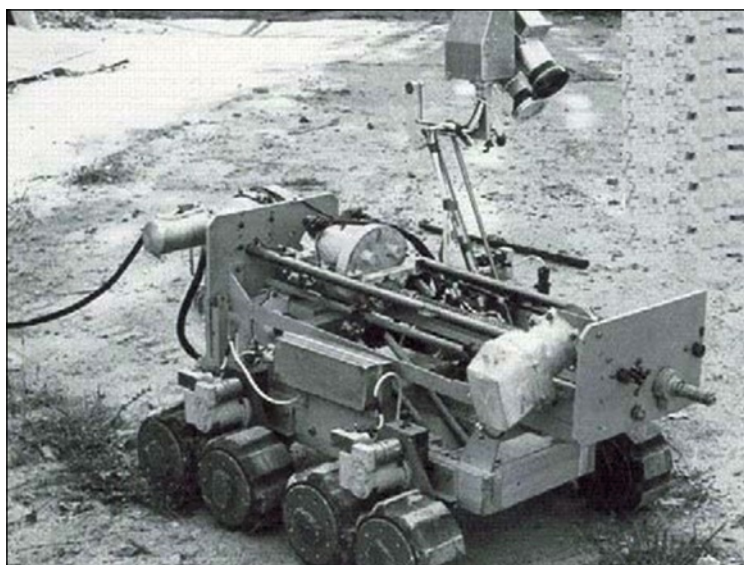


Рисунок 5 – Мобильный робот TP-4 (URL: <https://habr.com/en/company/mailru/blog/370371/>; дата обращения: 13.02.2021)

⁴ Приказ МО РФ № 375 от 18 сентября 2002 г. «О принятии на снабжение ВС РФ комплекса подвижного робототехнического КПР».



Рисунок 6 – Комплекс подвижный робототехнический
(URL: <http://www.ecoinvent.ru/production/mobilnye-roboty/kompleks-kpr-mrk-60.php>;
дата обращения: 02.03.2021)

2.2. Целевые нагрузки воздушной радиационной и химической разведки

В 2005 г. были приняты на снабжение Вооруженных Сил Российской Федерации це-

левые нагрузки воздушной радиационной и химической разведки⁵.

Нагрузка целевая воздушной радиационной разведки (НРР) и нагрузка целевая воз-

Таблица 3 – Основные тактико-технические характеристики комплекса подвижного робототехнического

Основные тактико-технические характеристики, единицы измерения	Значение или показатель
Максимальная скорость передвижения средства подвижности на базе кузова-фургона K5350 на шасси автомобиля КАМАЗ-43114 с двухосным прицепом, км/ч	60
Время непрерывной работы КПР, ч	не менее 8
Максимальное расстояние управления роботами по кабелю, м	400
Максимальная скорость передвижения МРК-45, км/ч	1,5
Максимальная скорость передвижения МРК-46, км/ч	0,5
Масса МРК-45, кг	не более 648,8
Масса МРК-46, кг	не более 630,0
Диапазон измерения мощности гамма-излучения, Гр/ч	0,01-100
Максимальная высота препятствия, преодолеваемого МРК-45 и МРК-46, м	0,2
Максимальная глубина водной преграды, преодолеваемой МРК-45 и МРК-46, м	0,1
Номинальная грузоподъемность манипуляторов МРК-45 и МРК-46, кг	70
Предельно допустимая грузоподъемность манипуляторов МРК-45 и МРК-46, кг	100
Номинальная грузоподъемность фронтальных погрузчиков МРК-45 и МРК-46, кг	80
Предельно допустимая грузоподъемность фронтальных погрузчиков МРК-45 и МРК-46, кг	130
Емкость ковша фронтальных погрузчиков МРК-45 и МРК-46, м ³	0,1
Максимальная интегральная доза облучения МРК-45 и МРК-46 при условии сохранения их работоспособности, Гр	1000
Расчет комплекса, чел.	4

⁵ Приказ МО РФ № 46 от 11 февраля 2005 г. «О принятии на снабжение ВС РФ нагрузки целевой воздушной радиационной разведки НРР для комплекса 576 и нагрузки целевой воздушной химической разведки НХР для комплекса 576 (шифр «Митрон-2»)».

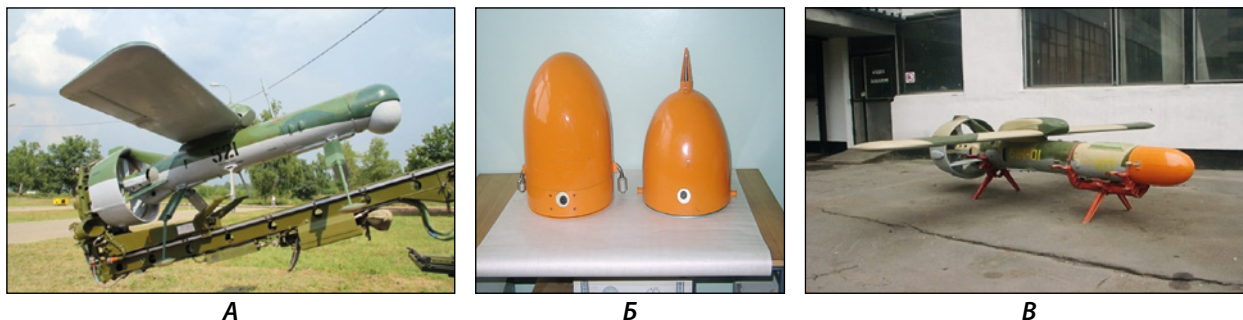


Рисунок 7 – Целевые нагрузки воздушной радиационной и химической разведки:

А – беспилотный летательный аппарат «Пчела»; **Б** – НРР и НХР; **В** – НРР на беспилотном летательном аппарате «Пчела» (см. фото А). (URL: <https://amp.topwar.ru/30286-demonstraciya-novyh-rossiyskih-bla.html> (дата обращения: 13.02.2021); фото: Б и В получены из ЦНИИ МО РФ)

душной химической разведки (НХР) для применения на беспилотном летательном аппарате «Пчела» показаны на рисунке 7.

2.2.1. Нагрузка целевая воздушной радиационной разведки для комплекса 576. Предназначена для ведения воздушной радиационной разведки, в том числе в районах аварий АЭС и других объектов с ядерными энергетическими установками и устройствами, а также ведения визуальной разведки. В состав НРР входят: прибор 576Д1Х1, датчик температуры, видеокамера и обтекатель. Основные такти-

ко-технические характеристики НРР представлены в таблице 4.

2.2.2. Нагрузка целевая воздушной химической разведки для комплекса 576. Предназначена для ведения воздушной химической разведки при применении противником фосфорорганических веществ (ФОВ), в районах аварий химических предприятий и объектов с выбросом в атмосферу сильнодействующих ядовитых веществ (СДЯВ), а также для ведения визуальной разведки. В состав НХР входят: прибор 576Д1Х2, видеокамера и обтекатель. Ос-

Таблица 4 – Основные тактико-технические характеристики нагрузки целевой воздушной радиационной разведки

Основные тактико-технические характеристики, единицы измерения	Значение или показатель
Диапазон высот ведения разведки, м	50–500
Диапазон измерения мощности экспозиционной дозы (МЭД) гамма-излучения, Р/ч	$1,25 \times 10^{-1} - 1,6 \times 10^{-4}$
Диапазон регистрируемых энергий, МэВ	$2,5 \times 10^{-1} - 2$
Предел основной погрешности измерения МЭД гамма-излучения, %	± 20
Предел суммарной относительной погрешности измерения МЭД гамма-излучения на уровне 1 м от поверхности земли, %: в диапазоне высот от 50 до 200 м в диапазоне высот от 200 до 500 м	± 30 $+50$
Время готовности к работе, мин	не более 5
Скорость ведения разведки, км/ч	100–250

Таблица 5 – Основные тактико-технические характеристики нагрузки целевой воздушной химической разведки

Основные тактико-технические характеристики, единицы измерения	Значение или показатель
Диапазон высот ведения разведки, м	50–500
Порог чувствительности по парам ФОВ (зарин, зоман, ви-газы), мг/л	$(2-8) \times 10^{-5}$
Порог чувствительности по СДЯВ (хлор, аммиак) предельно допустимая концентрация (ПДК), мг/л	(10–100)
Время готовности к работе, мин	не более 5
Скорость ведения разведки, км/ч	100–250

новые тактико-технические характеристики НХР представлены в таблице 5.

2.3. Робот дистанционно управляемый радиационной и химической разведки

Так же в 2005 г. был принят на снабжение Вооруженных Сил Российской Федерации робот дистанционно управляемый радиационной и химической разведки (РД РХР) (рисунок 8)⁶.

Робот РД-РХР предназначен для проведения радиационной и химической разведки, поиска локальных источников гамма-излучения на труднодоступных участках местности, в промышленных и жилых помещениях; накопления, обработки и представления информации о радиационной обстановке в виде дозной картограммы по маршруту разведки, местоположению радиоактивных источников; выдачи результатов разведки в канал передачи данных; отбора проб грунта и воды; маркировки местоположения радиоактивного источника в составе машин выявления радиационной и химической обстановки РХМ-7 и комплексов подвижных робототехнических КПП. В состав комплекса РД-РХР входят:



Рисунок 8 – Робот дистанционный радиационной и химической разведки
(фото: В.А. Карпенко bastion-karpenko.ru/index ВТС БАСТИОН)

- транспортное средство (телевизионная система, передатчик телевизионный, радиостанция);

Таблица 6 – Основные тактико-технические характеристики робота РД-РХР

Основные тактико-технические характеристики, единицы измерения	Значение или показатель
Максимальная дальность связи транспортного средства с пультом оператора, м	100
Радиус зоны обслуживания манипулятора, м	1
Максимальная грузоподъемность манипулятора, кг	5
Максимальная скорость движения, км/ч	1,62
Рабочий энергетический диапазон гамма-излучения источников, КэВ	50...2600
Рабочий диапазон по мощности дозы гамма – излучения источника, Р/ч: при поиске источника при наведении захватного устройства на источник	$3 \times 10^{-5} - 10^{-3}$ $3 \times 10^{-6} - 10^{-4}$
Максимальное расстояние обнаружения локального источника Cs-137 при его активности 5,16 Ки, м	150
Максимальное расстояние обнаружения локального источника Cs-137 при его активности 0,22 Ки, м	50
Время приведения в готовность к использованию, мин	30
Срок службы, лет	7
Ресурс, ч	1500
Время непрерывной работы, ч	2
Габаритные размеры транспортного средства, м: длина ширина высота	1,48 0,65 0,8
Габаритные размеры транспортного средства, м: длина ширина высота	0,7 0,5 0,2
Масса транспортного средства, кг	250
Масса пульта оператора, кг	52

⁶ Приказ МО РФ № 80 от 23 марта 2005 г. «О принятии на снабжение ВС РФ робота дистанционно управляемого радиационной и химической разведки (шифр «Берлога-Р»)».



Рисунок 9 – Автономный дистанционно управляемый робот в составе РХМ-7 (фото 33 ЦНИИ МО РФ)

- пульт управления (модуль управления, видеомодуль, ЭВМ «Багет-41», радиостанция, блок питания).

Основные тактико-технические характеристики робота РД-РХР представлены в таблице 6.

В том же 2005 г. на снабжение Вооруженных Сил Российской Федерации принята машина выявления и контроля радиационной и химической обстановки РХМ-7⁷, в состав которой входит автономный дистанционно управляемый робот (РД-РХР), описанный ранее (рисунок 9).

В местах, где возможность работы РХМ-7 по разным причинам затруднена, применяется РД-РХР.

2.4. Робот РД-РХР в составе комплекса мобильного поиска, сбора и контейнирования источников ионизирующих излучений

В 2015 г. в эксплуатацию Вооруженных Сил Российской Федерации принят комплекс



Рисунок 10 – Робот РД-РХР в составе мобильного комплекса поиска и сбора источников ионизирующего излучения (URL: <https://topwar.ru/101036-armiya-2016-noveyshiy-kompleks-biologicheskoy-zaschity.html>; дата обращения: 22.09.2016)

мобильного поиска, сбора и контейнирования источников ионизирующих излучений КМ-ПИИ⁸, в состав которого входит робот РД-РХР. Комплект КМ-ПИИ предназначен для ведения радиационной разведки, обнаружения, идентификации, сбора и контейнирования источников ионизирующих излучений в районах проведения международных политических, экономических и спортивных форумов, а также представления информации о радиационной обстановке в виде дозовой картограммы по маршруту разведки (рисунок 10).

В состав мобильного комплекса входят:

Автомобильное базовое шасси – Ford Tranzit 350 мод. 22278С;

Комплект вмонтированного и съемного специального оборудования в составе:

- а) аналитические приборы и оборудование (в составе которого РД-РХР);
- б) средства связи и автоматизации;
- в) вспомогательное оборудование;
- г) эксплуатационная документация;
- д) комплект ЗИП-О.

В состав робота РД-РХР из состава КМ-ПИИ входят:

- устройство для поиска радиационных аномалий и точечных источников гамма-излучения «КРОТ»;
- газоанализатор войсковой автоматический ГСА-3;
- специализированный контейнер для радиоактивных отходов;
- контейнер нейтронного источника;
- комплект пробоотбора и вспомогательного оборудования для отбора проб;
- захваты специализированные.



⁷ Приказ МО РФ № 16 от 16 января 2015 г. «О принятии на снабжение ВС РФ машины выявления и контроля радиационной и химической обстановки РХМ-7 (шифр «Берлога-1») и комплекса бортового аппаратуры дистанционного обнаружения АДО для РХМ высокой защиты (шифр «Антидетонатор»)».

⁸ Приказ МО РФ № 16 от 16 января 2015 г. «О принятии в эксплуатацию Вооруженных Сил Российской Федерации комплекса мобильного поиска, сбора и контейнирования источников ионизирующих излучений КМ-ПИИ».

Таблица 7 – Основные тактико-технические характеристики мобильного комплекса КМ-ПНИ

Основные тактико-технические характеристики, единицы измерения	Значение или показатель
Время подготовки комплекса к работе, мин	не более 60
Энергетический диапазон регистрации гамма-излучений, кэВ спектрометрический канал дозиметрический канал	50–3000 65–3000
Диапазон измерения мощности дозы фотонного излучения: спектрометрический канал дозиметрический канал	0,1мкЗв/ч–30мкЗв/ч 0,1мкЗв/ч–10мкЗв/ч
Минимальная детектируемая активность по Со-60, Бк	2×10^6
Скорость ведения радиационной разведки, км/ч	до 40
Контрольный расход топлива на 100 км, л	15
Расход топлива на 1 моточас, л	3
Температурный интервал применения, °С	от 30 до 50
Назначенный срок хранения, лет	6
Назначенный срок службы, лет	12
Максимальная скорость движения автомобиля с полной нагрузкой, км/ч	110
Комплекс работоспособен в интервале температур, °С	от минус 30 до плюс 50
Зона действия мобильного робототехнического комплекса РД-РХР в условиях среднепересеченной местности, городской инфраструктуры и в помещениях, м, не менее: при управлении по радиоканалу при управлении по кабельной линии	1000 200
Скорость передвижения мобильного робототехнического комплекса РД-РХР, км/ч	3,0
Максимальная грузоподъемность манипулятора мобильного робототехнического комплекса РД-РХР, кг	50
Экипаж, человек	3

Основные тактико-технические характеристики мобильного комплекса представлены в таблице 7.

Заключение

Авария на Чернобыльской АЭС дала мощный толчок развитию робототехники для ликвидации последствий аварий на радиационно-, химически- и биологически опасных объектах. Непосредственное участие химических войск при ликвидации последствий не могло не отразиться на развитии вооружения и средств РХБ защиты. Войска РХБ защиты одними из первых разработали и приняли на снабжение робототехнические комплексы военного назначения. Анализируя существующие РТК ВН в войсках РХБ защиты, можно

отметить, что сегодня применение, в основном, направлено только на ведение визуальной, радиационной и химической разведки, поиска и сбора источников ионизирующего излучения, дозиметрического контроля местности, обозначения зараженной зоны, гамма поиска, отбора и контейнирования высокоактивных радиоактивных фрагментов. Дальнейшие работы в области создания робототехнических комплексов (средств) военного назначения войск РХБ защиты должны ориентироваться на расширение возможностей их применения при выполнении задач РХБ защиты, а также на повышение их автономности путем «интеллектуализации», вследствие внедрения в них результатов исследований и разработок в области методов и систем искусственного интеллекта.

Словарь терминов

Беспилотный летательный аппарат военного назначения

Робототехнический комплекс военного назначения

Робототехническое средство военного назначения

– летательный аппарат без летного экипажа, предназначенный для выполнения боевых и обеспечивающих задач, осуществляющий управляемый полет по программе и/или по командам оператора с наземного, корабельного или воздушного пункта управления

– совокупность функционально связанных робототехнических средств военного назначения и специальных технических средств, обеспечивающих их техническую эксплуатацию и применение по назначению

– конструктивно обособленное безэкипажное техническое средство, не являющееся боеприпасом, предназначенное для выполнения боевых и обеспечивающих задач под управлением оператора, или автономно, или сочетанием указанных способов

Роботизированное средство военного назначения

– разновидность робототехнического средства военного назначения, управление которым осуществляется в ручном режиме

Информация о конфликте интересов

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

Сведения о рецензировании

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

Литература для подготовки

1. Батанов А.Ф., Грицынин С.Н., Муркин С.В. Робототехнические системы для применения в условиях чрезвычайных ситуаций: учеб. пособие: в 2 ч. Ч. 1: Условия применения и общие технические требования. М. 2010.

Batanov A.F., Grytsinin S.N. Murkin S.V. Robotic Systems for Use in Emergency Situations: Tutorial: 2 Parts. Part 1: Application Conditions and General Technical Requirements. Moscow. 2010 (in Russian).

2. Батанов А.Ф., Грицынин С.Н., Муркин С.В. Робототехнические системы для применения в условиях чрезвычайных ситуаций: учеб. пособие: в 2 ч. Ч. 2: Опыт применения дистанционно управляемых комплексов при ликвидации последствий радиационных аварий. М.: 2010.

Batanov A.F., Grytsinin S.N., Murkin S.V. Robotic Systems for Use in Emergency Situations: Tutorial: 2 Parts. Part 2. Experience in the Use of Remotely Controlled Complexes in the Elimination of the Consequences of Radiation Accidents. Moscow. 2010 (in Russian).

3. Васильев А.В., Бойко А.Ю., Липовский Д.Д., Денисеня Ю.А. Выполнение мероприятий радиационной, химической и биологической защиты с использованием робототехнических комплексов и беспилотных летательных аппаратов // Вестник Академии военных наук. 2015. № 3 (52). С. 163–168.

Vasilyev A.V., Boiko A.Yu., Lipovskii D.D., Denisenya Yu.A. Implementation of radiation, chemical and biological protection measures using robotic systems and unmanned aerial vehicles // Bulletin of the Academy of Military Sciences. 2015. №. 3 (52). P. 163–168 (in Russian).

4. Дульнев П.А. К вопросу о роботизации ВС РФ // Вестник Академии военных наук. 2015. № 1 (50). С. 113–120.

Doulnev P.A. To a Question about arms and

a military technology of land forces robotization // Bulletin of the Academy of Military Sciences. 2015. № 1 (50). P. 113–120 (in Russian).

5. Корендяев А.И., Саламандра Б.Л., Тывес Л.И. Теоретические основы робототехники. В 2 кн. М. 2006. Korendyasev A.I., Salamandra B.L., Tyves L.I. Theoretical Foundations of Robotics. In 2 Books. Moscow. 2006 (in Russian).

6. Лемус А.В. BROKK: машины для работ в радиоактивной среде // Безопасность окружающей среды. 2008. № 3. С. 108–109.

Lemus A.V. BROKK: Machines for work in a radioactive environment // Environmental Safety. 2008. № 3. P. 108–109 (in Russian).

7. Смирнов С.В. Робот радиационной разведки // Безопасность окружающей среды. 2008. № 4. С. 77–79. Smirnov S.V. Radiation reconnaissance robot // Environmental Safety. 2008. № 4. P. 77–79.

8. Иванов Д.С. Порядок применения мобильных роботов для обследования и мониторинга аварийных зданий в условиях чрезвычайных ситуаций // Технологии гражданской безопасности. Т. 10. 2013. № 1. С. 80–82.

Ivanov D.S. Order of using mobile robots for inspection and monitoring of emergency buildings in emergency situations // Civil Security Technologies. V. 10. 2013. №. 1. P. 80–82 (in Russian).

9. Ганган Д.А. Возможности применения беспилотных разведывательных и роботизированных комплексов при выполнении задач РХБ защиты // Вестник Академии военных наук. 2017. № 1. С. 145–149.

Gangran D.A. Possibility of the use of unmanned reconnaissance aircraft and robotic complexes when performing tasks of radiation, chemical and biological protection // Bulletin of the Academy of Military Sciences. 2017. № 1. P. 145–149 (in Russian).

Об авторе

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.

Аккузин Константин Николаевич. Начальник отдела (организации научной работы и подготовки научно-педагогических кадров) ВА РХБЗ, канд. воен. наук.

Контактное лицо: Аккузин Константин Николаевич; varhbz@mil.ru

Robotic Complexes (Facilities) of Nuclear Biological Chemical Defence Corps of the Armed Forces of the Russian Federation

K.N. Akkuzin

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 156013, Russian Federation

Received 07 July 2020. Corrected variant 15 March 2021. Accepted for publication 20 March 2021.

The lecture is intended for training specialists in higher educational establishments according to the Federal state standard «Robotics for military and special purposes» and also for training operators of robotic complexes (facilities) for military purposes in training centers and military units. The lecture addresses two study questions: 1) the history of the development and employment of robotics technology in elimination of the consequences of the Chernobyl accident; 2) function, structure, and performance characteristics of robotic complexes (facilities) for military purposes of NBC Defence Corps. Conclusion: the material presented in the lecture will broaden the horizons and knowledge of learners on the development and use of robotics in the elimination of the consequences of accidents, as well as gain knowledge of the robotic complexes (facilities) currently being supplied to the NBC Defence Corps.

Keywords: *accident at the Chernobyl nuclear power plant; drone aircraft; weaponry and NBC protection means; robotics; robotic complexes; robotic facilities; NBC protection.*

For citation: Akkuzin K.N. Robotic Complexes (Facilities) of Nuclear Biological Chemical Defence Corps of the Armed Forces of the Russian Federation (lecture)//*Journal of NBC Defence*.2021 V. 5. No 1. P. 71–82. <https://doi.org/10.35825/2587-5728-2021-5-1-71-82>

Conflict of interest statement

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

Peer review information

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

References

See P. 81.

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 156013, Russian Federation.

Konstantin Nikolayevich Akkuzin. Chef of Department of Scientific Work Organization and Scientific-Pedagogical Personnel of Military Academy of NBC Defense, PhD of Military Studies.

Contact information for all authors: varhbx@mil.ru

Contact person: Konstantin Nikolayevich Akkuzin; varhbx@mil.ru

Medizin ohne Menschlichkeit – испытания боевых отравляющих веществ на заключенных концентрационных лагерей в Германии в 1933–1945 гг.

Н.И. Шило

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

Поступила 04.02.2021 г. Принята к публикации 20.03.2021 г.

В публикации представлены документы, относящиеся к Нюрнбергскому процессу над врачами («Соединенные Штаты Америки против Карла Брандта и др.»), проходившему в Нюрнберге с 9 декабря 1946 по 20 августа 1947 г. Документы хранятся в библиотеке Гарвардской школы права (юридического факультета Гарвардского университета, Кембридж, Массачусетс, США). Из показаний свидетелей и обвиняемых следует, что в Германии после выхода из Версальского договора и перехода военно-химических исследований под контроль военных структур и СС, а особенно в годы Второй Мировой войны исследования боевых отравляющих веществ (БОВ) вышли за пределы научных и промышленных лабораторий, университетских и академических структур, и переместились в концентрационные лагеря, где врачи из СС ставили опыты на заключенных. Показаны цели и задачи этих испытаний – изучались физиологические и токсикологические свойства БОВ. Планов наступательной химической войны в Германии системно не разрабатывали, рассматривая свое химическое оружие как средство ответного применения. Однако к возможности такой войны относились серьезно. Кроме того, врачи искали наиболее эффективные средства и схемы лечения поражений, вызванных применением БОВ вероятным противником, а также опасных, особо опасных и широко распространенных заболеваний. Из документов видно, какое важное значение придавалось этим исследованиям. За ними следили на высшем уровне, программы испытаний согласовывались с рейхсфюрером СС Г. Гиммлером, ими интересовался лично А. Гитлер. Одновременно в документах показаны варварские методы проведения этих испытаний, за что врачи и руководители медицины Германии 1930–1940-х гг. были осуждены трибуналами за военные преступления и преступления против человечности («зверства и враждебные действия, включая (но не ограничиваясь этим): убийства, истребление, обращение в рабство, высылка, заключение в тюрьмы, пытки, изнасилование или другие бесчеловечные действия, совершаемые против любого гражданского населения, преследование на политической, расовой или религиозной почве, независимо от того, были ли эти преступления совершены в нарушение законов страны или нет»), а научным сообществом – за грубые нарушения медицинской и научной этики. Хотя в свое время именно Германия (Пруссия) еще в конце XIX в. была первой европейской страной, где задолго до Нюрнбергского кодекса 1947 г. стали на уровнях законодательной, исполнительной и судебной ветвей власти ставить и решать вопрос о необходимости получения информированного согласия пациента на медицинское вмешательство, а также безусловно запрещать экспериментальные исследования с любыми целями на людях без их согласия. Этой публикацией мы открываем серию материалов и статей о химическом оружии Германии в 1933–1945 гг. Не Германии обвинять Россию в применении химического оружия.

Ключевые слова: Вторая Мировая война; химическое оружие; боевые отравляющие вещества; испытания; Германия; концентрационные лагеря; медицина.

Библиографическое описание: Шило Н.И. *Medizin ohne Menschlichkeit – испытания боевых отравляющих веществ на заключенных концентрационных лагерей в Германии в 1933–1945 гг.* // Вестник войск РХБ защиты. 2021. Т. 5. № 1. С. 83–87. <https://doi.org/10.35825/2587-5728-2021-5-1-83-87>

Из показаний под присягой Рудольфа Брандта об испытаниях боевых отравляющих веществ в концентрационных лагерях Заксенхаузен и Нацвайлер-Штрутоф^{1,2}

«ОПЫТЫ С ГАЗОМ Lost³ (ГОРЧИЧНЫЙ ГАЗ)

3. В конце 1939 [года] в концентрационном лагере Заксенхаузен проводились недобровольные опыты на людях, чтобы выяснить эффективность различных средств лечения поражений, вызванных газом Lost. Lost – это ядовитый газ, оказывающий вредное воздействие на кожу. Я полагаю, что он общеизвестен как горчичный газ. Поскольку началась война, было признано желательным выяснить наилучшие способы лечения вызванных Lost поражений на тот случай, если этот газ будет применен против Рейха. Поэтому на заключенных концентрационного лагеря проводились испытания. Как я понял, порядок был такой – на разные части тел подопытных наносились раны, а потом в раны наносился Lost. Исполь-

зовались разные схемы лечения, чтобы определить наиболее эффективные.

4. До 1942 [года] гаупштурмфюрер СС д[окто]р Август Хирт⁴, профессор Университета Страсбурга и член «Аненербе»⁵, ставил опыты с Lost по заказу Вооруженных Сил. Отчеты Хирта оказались в поле моего зрения в секретариате Гиммлера. В конце 1942 [года] Хирт начал эксперименты на заключенных в концентрационном лагере Нацвайлер вместе со старшим врачом («Oberarzt») д[окто]ром Карлом Виммером⁶, который был связан с Люфтваффе. Эти подопытные заключенные, как и во время других опытов, были просто приписаны к ведомству Поля⁷, ГАХУ⁸, для использования в этих целях. Опыты на людях с газом Lost продолжались в течение 1943 и 1944 [годов] в концентрационном лагере Заксенхаузен, а также в Нацвайлере. Некоторые заключенные в результате погибли.

5. В марте 1944 [года] фюрер⁹ приказал бригадефюреру СС доктору Карлу Брандту, ге-

¹ Брандт Рудольф (нем. Rudolf Emil Hermann Brandt; 1909–1948) – личный референт рейхсфюрера СС Г. Гиммлера, член общества «Аненербе», начальник канцелярии Министерства внутренних дел Германии, штандартенфюрер СС. Признан виновным, повешен [1].

² Rudolf Emil H. Brandt (SS Obersturmbannführer (Himmler's personal staff)). Affidavit concerning the poison gas experiments at Sachsenhausen and Natzweiler. 14 October 1946. URL: <https://nuremberg.law.harvard.edu/documents/1684-affidavit-concerning-the-poison?q=author:%22Rudolf+Emil+H.+Brandt%22#p.1> (дата обращения: 20.02.2021). Данный документ имеется в версиях на двух языках. Основной документ (№ 372) – на немецком языке на 3 листах, машинописный текст (копия – фотокопия, негатив) с рукописными поправками Р. Брандта, заверенные его сокращенной подписью-автографом. Документ заверен подписью-автографом Р. Брандта. Процедура подписания заверена подписью-автографом должностного лица Вальтера Х. Раппа; Авторизованный и заверенный перевод на английский язык на 3 листах – машинописный текст, копия, содержит машинописную поправку (Л. 38 об), подписей-автографов нет. URL: <https://nuremberg.law.harvard.edu/documents/4154-affidavit-concerning-the-poison?q=Natzweiler#p.1> (дата обращения: 20.02.2021). Документ публикуется с незначительными сокращениями по английской версии с обращением, в случае необходимости, к немецкому документу для сличения. Разночтения и уточнения по тексту указываются в круглых скобках. Восстановленные отдельные слова / части слов заключены в квадратные скобки.

³ Lost или Summerlost – сернистый иприт, полученный из тиодигликоля. «Газами» называли любые боевые отравляющие вещества еще по устоявшейся со времен Первой Мировой войны традиции.

⁴ Август Хирт (нем. August Hirt; 1898–1945) – немецкий антрополог и анатом, гаупштурмфюрер СС. Возглавлял Анатомический институт СС при Рейхсунiversитете Страсбурга, руководил медицинскими программами общества «Аненербе». Фигурант Международного военного трибунала [2] и военного трибунала по «медицинскому делу» в Нюрнберге. До суда не дожил, застрелился.

⁵ «Аненербе» (нем. Ahnenerbe – «Наследие предков») – организация, существовавшая в 1935–1945 гг. Создана для изучения традиций, истории и наследия «нордической расы» с целью идеологического обеспечения государственного аппарата Германии. 01.01.1942 г. передана в состав Личного штаба рейхсфюрера СС.

⁶ Карл Виммер (нем. Karl Wimmer; 1910–1946) – военный врач, в течение многих лет работавший ассистентом А. Хирта, в том числе в Рейхсунiversитете Страсбурга.

⁷ Освальд Людвиг Поля (нем. Oswald Ludwig Pohl; 1892–1951) – обергруппенфюрер СС и генерал войск СС (20.04.1942), начальник Главного административно-хозяйственного управления СС (01.02.1942–08.05.1945).

⁸ В тексте аббревиатура WVHA (нем. SS-Wirtschafts- und Verwaltungshauptamt) – Главное административно-хозяйственное управление СС, одно из ведущих подразделений СС, ведавшее, в том числе, использованием труда заключенных концлагерей.

⁹ Обращает на себя внимание уровень, на котором принимаются решения. Вопросами разработки средств медицинской защиты от БОВ занимается лично Адольф Гитлер. О результатах испытаний докладывают рейхсфюреру СС Генриху Гиммлеру. Это обстоятельство говорит о том, какое важное значение придавали в Третьем рейхе вопросам оружия массового поражения. При этом собственных программ наступательной химической войны в Германии не разрабатывали и дальше отдельных разговоров дело не заходило. По некоторым данным, этому способствовала личная позиция Гитлера, который во время Первой Мировой войны сам получил поражение ипритом и был вообще противником химического оружия.

неральному (в документе впечатано) комиссару по здравоохранению и санитарии¹⁰ продолжить медицинские исследования, связанные с газовой войной. Копия этого приказа была направлена Брандтом Гиммлеру с предложением разослать ее соответствующим лицам в СС и предложить им связаться с Брандтом. Соответственно, поскольку дело касалось экспериментов, я разослал копии приказа фюрера группенфюреру СС доктору Гравицу¹¹, рейхс-арцту СС и полиции, штандартенфюреру СС Вольфраму Зиверсу¹² из «Аненербе» и обергруппенфюреру СС Гансу Ютнеру¹³, начальнику оперативного штаба СС. Обергруппенфюрер СС Поль из ГАХУ СС также получил копию приказа фюрера.

6. Затем Зиверс проинформировал доктора Брандта о деталях изучения Хиртом Lost на людях, хотя я уверен, что в общих чертах Брандт и так знал о работе Хирта как минимум с 1942 [года], поскольку в том году Брандт стал генеральным комиссаром по здравоохранению и санитарии. Хирт продолжал опыты с поражениями Lost на людях в течение 1944 г. Как я припоминаю, испытания проводились в концентрационном лагере Заксенхаузен.

7. Заключенные, которых использовали для опытов с Lost, а также для других опытов, часто были не немецкой национальности. Часто использовали поляков и русских, а также цыган и евреев. На самом деле расовая политика Гиммлера требовала использования лиц не германской расы, за исключением тех некоторых случаев, когда ими были совершены

какие-то очень серьезные уголовные или политические преступления¹⁴. В течение 1944 [года] некоторые заключенные в результате опытов с Lost погибли...»

Из показаний под присягой бывшего заключенного концентрационного лагеря Нацвайлер-Штрутгоф Фердинанда Холла об испытаниях боевых отравляющих веществ¹⁵

«<...> 11 октября 1940 я был арестован гестапо в Бордо (Франция) как анти-нацист. Затем я был доставлен в Саарбрюкен. В декабре 1940 я прибыл в концентрационный лагерь Бухенвальд. В марте 1941 я прибыл в [концентрационный] лагерь Нацвайлер (Эльзас), там я работал санитаром в лазарете («Revier»).

В октябре 1942 профессор Хирт из Страсбурга создал в упомянутом лазарете отдел для экспериментов на людях, который назывался «Аненербе»¹⁶. На этой станции я был санитаром при больных и присутствовал на опытах, которые ставил профессор Хирт и какие-то офицеры-летчики.

Проводились следующие эксперименты:

- 1) Внешние с жидким газом.
- 2) Через ингаляцию или дыхание, в газовой камере.
- 3) Через инъекции.
- 4) С жидкостью, которую подопытным («Versuchsobjekten») нужно было выпивать.

Эти эксперименты с газом проводились немецкими офицерами-летчиками под контролем профессора Хирта.

¹⁰ Карл Брандт (нем. Karl Franz Friedrich Brandt; 1904–1948) – рейхскомиссар по здравоохранению и санитарии, личный врач А. Гитлера. По образованию врач-хирург, профессор. Член НСДАП. Группенфюрер СС и генерал-лейтенант войск СС (20.04.1944 г.), генерал мед. службы (01.03.1943 г.). Признан виновным, приговорен к смертной казни и повешен.

¹¹ Эрнст Гравиц (нем. Ernst-Robert Grawitz; 1899–1945) – обергруппенфюрер СС и генерал войск СС (20.04.1944 г.), начальник медицинской службы СС.

¹² Вольфрам Зиверс (нем. Wolfram Sievers; 1905–1948) – генеральный секретарь «Аненербе» (с 1935 г.), оберфюрер СС (30.01.1945 г.), заместитель председателя управляющего совета директоров Научно-исследовательского совета Рейха. Повешен в 1948 г. по «медицинскому делу» в Нюрнберге.

¹³ Ханс Ютнер (нем. Hans Jüttner; 1894–1965) – один из высших офицеров СС, обергруппенфюрер СС и генерал войск СС (21.06.1943 г.).

¹⁴ Имеется в виду использование тех, кто был приговорен за те или иные преступления к смертной казни.

¹⁵ Ferdinand Holl (inmate at Natzweiler) Affidavit concerning the poison gas experiments at Natzweiler 03 November 1946. URL: <https://nuremberg.law.harvard.edu/documents/5555-affidavit-concerning-the-poison?q=author:%22Ferdinand+Holl%22#p.1> (дата обращения: 18.02.2021). Данный документ имеется в версиях на двух языках. Основной документ (№ 590) – на немецком языке на 4 листах, машинописный текст (копия – фотокопия, негатив) с немногочисленными рукописными пометками – очевидно, корректора. Документ заверен подписью-автографом Ф. Холла. Процедура подписания заверена подписью-автографом должностного лица Чарльза Е. Иппена. Авторизованный и заверенный перевод на английский язык на 4 листах – машинописный текст, копия, пометок нет, подписей-автографов нет. URL: <https://nuremberg.law.harvard.edu/documents/4159-affidavit-concerning-the-poison?q=author:%22Ferdinand+Holl%22#p.1> (дата обращения: 18.02.2021). Документ публикуется по немецкому тексту с незначительными сокращениями. Восстановленные отдельные слова / части слов заключены в квадратные скобки. Цитаты документа, по необходимости, заключены в круглые скобки и выделены кавычками.

¹⁶ Так в тексте: «Im Oktober 1942, wurde durch den Professor Hirt aus Strassburg in genanntem Revier ein Abteilung für Versuche an Menschen eingerichtet, die den Namen Ahnenerbe führte».

К пункту 1. Капля указанной жидкости наносилась на правое и левое предплечья подопытных людей («Versuchsperson»). Затем они должны были некоторое время стоять с вытянутыми руками. до тех пор, пока газ не улетучится. Через 24–36 часов на коже людей, которых таким образом обрабатывали, появлялись тяжелые ожоги по всему телу. Я сам зарегистрировал 7 смертей среди 30 человек, которых таким образом лечили. Не могу ничего сказать по поводу других пациентов, так как их отправили в другой к[онцентрационный] л[агерь], как только они стали транспортабельными. Позже я узнал, что часть из них погибла.

К пункту 2:

Людей, которые должны были дышать [газом], помещали в газовую камеру, специально построенную для этой цели. Там им давали одну или иногда две газовые вials («Gasampullen»), которые они сами должны были разбить в закрытой камере. Потом они вдыхали выходящий газ. Потом, в полубессознательном состоянии, их доставляли обратно в лазарет (экспериментальную станцию) («Versuchsstation»). Там мне пришлось давать пациентам кислород, чтобы заставить дышать искусственно. В большинстве случаев мне это не удавалось. Здесь тоже было несколько смертей. Трупы вскрывал (в присутствии пр[офессора] Хирта) офицер-летчик, который именно в это время ставил эти опыты. Я лично присутствовал на вскрытии трупов и помню,

что отдельные органы, такие, как печень и легкие и т.д., были полностью разъедены («dass die einzelnen Organe, wie Leber Lunge, u.s.w total zerfressen waren»).

Я вспоминаю случай, о котором не могу умолчать. После одного такого эксперимента пр[офессор] Хирт пожал руку врачу и сказал: «Мы можем поздравить друг друга, что наш эксперимент прошел так удачно».

К пункту 3.

На экспериментальной станции больных лечили путем внутривенных инъекций. Потом их доставляли в крематорий. Там для таких экспериментов было приготовлено специальное помещение, в которое больных доставляли сразу же после инъекции. Ничего не могу сообщить о ходе этих больных¹⁷, поскольку ко мне они не возвращались. Они там умирали и их сразу же сжигали. Я не знаю, что им вводили. Но через некоторое время в лагере Нацвайлер начался тиф.

К пункту 4.

Люди должны были пить из чашки какую-то жидкость. Это делалось либо сразу перед, либо сразу после ингаляции. Не знаю, была ли это какая-то защитная мера против газа, который тогда использовался. Результаты и симптомы были такими, как здесь показано.

Я мог бы добавить, что в каждом эксперименте всегда использовались разные люди¹⁸ <...>»¹⁹.

¹⁷ Так в тексте. Переводчик на английский язык при подготовке текста также обратил внимание на эту очевидную ошибку и исправил: «Примечание переводчика: Холл, вероятно, имеет в виду «ходе эксперимента».

¹⁸ Фердинанд Холл – не медик. До войны он работал шахтером, после – менеджером (Geschäftsführer). В экспериментальном центре А. Хирта он работал на должности, не требующей квалификации. Поэтому его описания очень приблизительны. В п. 1 речь явно идет об опытах с ипритом или другими ОВ кожно-нарывного действия – из других документов известно, что в Нацвайлере А. Хирт действительно работал с Lost (сернистый иприт) ([1] P. 318, 336–339, ect.). В п. 2 речь, вероятно, идет об опытах с фосгеном. Из этих показаний Ф. Холла напрямую это не следует по причине неконкретности описанных им поражений. Однако из других источников известно, что с фосгеном в Нацвайлере действительно работали – в частности, Отто Бикенбах (1901–1971) из поликлиники при Гейдельбергском университете (совместно с А. Хиртом) (См., в частности, [1] P. 316, 345–348); [4] P. 216–217). Что касается приема некой жидкости до или после ингаляции токсичным газом (п. 3), то этот фрагмент показаний не вполне ясен. Вопросами профилактики поражений занимался А. Хирт, исследуя свойства витаминов А, С и группы В при поражении боевыми ОВ, но он работал с ипритом (Lost) и предпочитал таблетированные формы и внутривенные инъекции ([1] P. 341–343). Скорее всего, речь идет об опытах по проверке профилактических и терапевтических свойств гексаметилентетрамина (уротропина) при поражении фосгеном – этими вопросами давно занимался О. Бикенбах. Его давали перорально и в виде внутривенных инъекций. Кстати, если верить отчету об этих испытаниях, направленных К. Брандту ([1] P. 34–348), уротропин действительно продемонстрировал хорошие защитные свойства, но при внутривенных инъекциях, а не при оральном приеме. Что же касается инъекций, которые свидетель связал с начавшейся вскоре эпидемией тифа (п. 4), то она могла начаться и сама по себе (тиф был бичом всех немецких концлагерей). Однако из других документов известно, что в Нацвайлере действительно пытались создавать вакцины от тифа и других заболеваний.

¹⁹ Далее в документе содержится описание уничтожения группы евреев – 27 женщин и 28 мужчин, якобы привезенных из Аушвица для «расовых исследований» («Rassenforschung»), с которыми занимался некий врач из Берлина («Diese Leute wurden von einem Arzt aus Berlin behandelt»). Однако Ф. Холл лично при этих экспериментах, по его словам, не присутствовал и об их характере (кроме антропологических обмеров женщин) ничего не знал. При убийстве женщин он тоже не присутствовал и давал показания, ссылаясь на рассказы другого человека (только одного) – санитаря из СС («SS Sanitätsgehilfen»). Эпизод опущен.

Настоящей публикацией мы открываем серию материалов и статей о химическом оружии Германии в 1933-1945 годах – его разработке, производстве, хранении и испытаниях. Предметом отдельного рассмотрения станет его послевоенная судьба.

Информация о конфликте интересов

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

Сведения о рецензировании

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

Список источников / References

1. Schmaltz, F. Kampfstoff-Forschung im Nationalsozialismus. Zur Kooperation von Kaiser-Wilhelm-Instituten, Militär und Industrie. Geschichte der Kaiser-Wilhelm-Gesellschaft im Nationalsozialismus. Göttingen: Wallstein Verlag, 2005.
2. Schmaltz F. Chemical Weapons Research in National Socialism: The Collaboration of the Kaiser Wilhelm Institutes with the Military and Industry // Heim S., Sachse C., Walker M. The Kaiser Wilhelm Society Under National Socialism. Cambridge, Cambridge University Press, 2009. P. 312-338
3. Baader G., Lederer S.E., Low M. et al. Pathways to human experimentation, 1933-1945: Germany, Japan, and the United States // Sachse C., Walker M. Politics and science in wartime. Comparative international perspectives on the Kaiser Wilhelm Institute. Osiris 20 (2005) P. 205-231
4. Schmaltz F. Chemical Weapons Research on Soldiers and Concentration Camp Inmates in Nazi Germany // One Hundred Years of Chemical Warfare: Research, Deployment, Consequences. Eds. Friedrich B.; Hoffmann D.; Renn J. et al. Springer International. 2017. P. 229-258.
5. Вахсман Н. История нацистских концлагерей. М.: Центрполиграф, 2015.
6. Wachsman N. A History of the Nazi Concentration Camps. Moscow: Tsentrpoligraf, 2015.
7. Trials of war criminals before the Nuernberg military tribunals under Control Council Law No. 10. Volume I. Nuernberg October 1946-April 1947. (The Medical Case) Washington, D.C.: U.S. Government Printing Office, 1949-1953
8. Нюрнбергский процесс: Сборник материалов. В 8 т. М.: Юридическая литература, 1987–1999. Т. 5. М.: Юридическая литература, 1991. 672 с.; Т. 6. М.: Юридическая литература, 1996.
9. The Nuremberg Trials. International Military Tribunal. Selected Materials. In 8 Volumes. Moscow. 1987–1999. Vol. 5. Moscow. 1991; Vol. 6. Moscow. 1996.

Об авторе

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

Шило Наталья Игоревна. Научный сотрудник отдела.

Контактное лицо: Шило Наталья Игоревна; 27nc_1@mil.ru

Василий Васильевич Батырев (к 70-летию со дня рождения)

Василий Васильевич Батырев, родился 14 октября 1950 г. в селе Канаш, Шенталинского района Самарской области. Окончил Саратовское высшее военное-химическое командное училище (1968–1971) и Военную Краснознаменную академию химической защиты имени Маршала Советского Союза С.К. Тимошенко (1973–1977). Проходил военную службу на должностях: командира взвода (1971–1973), адъюнкта очной адъюнктуры вышеуказанной академии (1977–1980), старшего научного сотрудника (1980–1984), преподавателя (1984–1987), старшего преподавателя (1987–1991) и начальника кафедры академии (1991–1995).

В 1980 г. в защитил диссертацию на соискание ученой степени кандидата технических наук. В 1993 г. защитил диссертацию на соискание ученой степени доктора технических наук. Вскоре ему было присвоено ученое звание профессора по кафедре вооружения и военной техники. С октября 1995 г. в ходе организационно-штатных мероприятий перевелся для дальнейшего прохождения службы во вновь создаваемую Академию гражданской защиты МЧС России.

Лично сыграл одну из ключевых ролей в создании и становлении Академии гражданской защиты МЧС России как головного учебного заведения молодого министерства.

При его непосредственном участии и под его руководством, практически с нуля, на базе Высших офицерских курсов гражданской обороны Советского Союза были созданы, укомплектованы командным и профессорско-преподавательским составом и прошли боевое слаживание все кафедры и подразделения академии, превратив ее в первоклассное военно-учебное учреждение – одно из лучших в своем роде в стране.

С личным участием и под руководством В.В. Батырева были созданы и внедрены в учебный процесс все виды учебных программ, созданы и укомплектованы необходимыми кадрами ученых и преподавателей кафедры, а также



*Генерал-лейтенант
Василий Васильевич Батырев*

организована деятельность адъюнктуры, ученого и диссертационного советов академии.

Одновременно под руководством В.В. Батырева активно шло масштабное строительство и оснащение новых учебных корпусов, лабораторной базы, учебного центра, тыловых и инфраструктурных объектов академии. При этом в академии ни на минуту не прекращался учебный, научно-исследовательский и воспитательный процесс, боевая, строевая, физическая, военно-политическая, научно-методическая работа.

Создатель МЧС России – Министр МЧС России генерал армии Сергей Кужугетович Шойгу (ныне Ми-

нистр обороны Российской Федерации) считал В.В. Батырева одним из самых талантливых и перспективных руководителей, ученых и командиров, способных в кратчайшие сроки организовать успешное выполнение любой самой сложной и многоплановой задачи.

Именно поэтому, как только академия усилиями генерала В.В. Батырева и созданного им коллектива вышла на плановую устойчивую деятельность, его сразу же перевели в центральный аппарат Министерства, на еще более сложную работу руководителя головного департамента МЧС России – Департамента гражданской защиты, которую он исполнял с октября 2000 г. по декабрь 2003 г.

В декабре 2003 г. Василий Васильевич по состоянию здоровья вынужден был досрочно уйти в запас в воинском звании генерал-лейтенант.

Василий Васильевич является автором многочисленных научных трудов, монографий, методических рекомендаций и государственных стандартов по проблемам защиты населения в мирное и военное время.

Мы желаем Василию Васильевичу Батыреву и его близким крепкого здоровья, большого личного счастья и дальнейших успехов во всех его начинаниях.

Дирекция Союза ветеранов войск РХБЗ

Правила направления и соблюдения этических норм при опубликовании научных статей в журнале «Вестник войск РХБ защиты»¹

Журнал «Вестник войск РХБ защиты» – рецензируемый научно-практический журнал, специализирующийся на освещении химических и биологических угроз Российской Федерации, научных достижений по основным направлениям деятельности и задачам войск радиационной, химической и биологической защиты Вооруженных сил Российской Федерации (далее – войска РХБ защиты), повышении профессионального уровня специалистов войск РХБ защиты, возрождении интереса к их истории и привлечении молодых ученых к работе в НИО войск РХБ защиты.

Редакция журнала при приеме и оформлении статей руководствуется требованиями Министерства образования и науки Российской Федерации к рецензируемым научным изданиям, утвержденными приказом Минобрнауки России от 25.07.2014 г. № 793², и разработанными этим же министерством «Методическими рекомендациями по подготовке и оформлению научных статей в журналах, индексируемых в международных наукометрических базах данных» (под общ. ред. О.В. Кирилловой. М., 2017)³. Правовую основу обеспечения публикационной этики журнала составляют международные стандарты: положения, принятые на 2-ой Всемирной конференции по вопросам соблюдения добросовестности научных исследований (Сингапур, 22–24 июля 2010 г.)⁴; положения, разработанные в 2011 г. Комитетом по этике научных публикаций (англ. The Committee on Publication Ethics, COPE)⁵, и нормы главы 70 «Авторское право» Гражданского кодекса Российской Федерации (ГК РФ)⁶. К публикации принимаются обзорные и оригинальные статьи на русском и английском языках.

Основные рубрики журнала:

Общие вопросы РХБ защиты войск и населения.

Проблемы соблюдения Конвенций по запрещению химического и биологического оружия.

Химическая безопасность и защита от химического терроризма.

Биологическая безопасность и защита от биологического терроризма.

Химическое и биологическое оружие в войнах и конфликтах.

Вооружение войск РХБ защиты и средства РХБ защиты.

Лекции по ключевым вопросам РХБ-безопасности.

Повседневная деятельность войск РХБ защиты.

Противостояние информационной войне в области оружия массового поражения.

Охрана результатов интеллектуальной деятельности войск РХБ защиты.

Исторический архив.

Обзор важных международных событий в области РХБ-безопасности.

Рекламные материалы будут публиковаться в соответствии с законодательством Российской Федерации о рекламе.

Преимуществом в очередности опубликования пользуются статьи по научным специальностям: 20.02.23; 20.02.14; 14.03.04.

Плата за публикацию статьи и рецензирование рукописей не взимается, ускоренная публикация не допускается. Труды заочных конференций не публикуются. Гонорары не выплачиваются.

Решение о публикации статьи принимается главным редактором (или уполномоченным им заместителем главного редактора) исключительно на основе ее научной значимости и с учетом мнения рецензентов. Если рецензии положительны, но содержат замечания и пожелания рецензента, редакция направляет их авторам. В случае отклонения статьи редакция направляет авторам статьи текст рецензии или аргументированное письмо редактора. Работы, оформленные не по правилам или не соответствующие профилю издания, могут быть отклонены редакцией журнала без рецензирования. Редакция не вступает в дискуссию с авторами отклоненных статей, за исключением случаев явного недоразумения. Рукописи не возвращаются.

¹ Выложены на сайте издания. URL: <http://journal.ofhim.ru/index.php/vestnik/issue/archive>

² URL: <http://legalacts.ru/doc/prikaz-minobrnauki-rossii-ot-25072014-n-793/> (дата обращения: 30.05.2017).

³ URL: <http://academy.rasep.ru/all-materials/556-metodicheskie-rekomendatsii-po-podgotovke-i-oformleniyu-nauchnykh-statej-v-zhurnalakhindeksiruemyykh-v-mezhdunarodnykh-naukometriceskikh-bazakh-dannykh> (дата обращения: 30.05.2017).

⁴ URL: <http://academy.rasep.ru/all-materials/556-metodicheskie-rekomendatsii-po-podgotovke-i-oformleniyu-nauchnykh-statej-v-zhurnalakhindeksiruemyykh-v-mezhdunarodnykh-naukometriceskikh-bazakh-dannykh> (дата обращения: 30.05.2017).

⁵ URL: <http://rasep.ru/soveto-etike/kodeksy-i-knigi/136-otvetstvennyj-podkhod-k-publikatsii-nauchno-issledovatel'skikh-rabotmezhdunarodnye-standarty-dlya-avtorov> (дата обращения: 30.05.2017).

⁶ URL: <http://legalacts.ru/kodeks/GK-RF-chast-4/razdel-vii/glava-70/> (дата обращения: 30.05.2017).

1. *Общие требования к статьям.* Статьи предоставляются в виде бумажной версии (в 1 экземпляре) и электронной версии, идентичной распечатанному на бумаге экземпляру. Электронная версия представляется в одном из форматов MS Word (*.doc, *.docx или *.rtf) на съемных носителях или по электронной почте, адрес которой указан ниже. Статья должна иметь направление от учреждения, в котором она выполнена. Организации, имеющие лицензии ФСБ на осуществление работ с использованием сведений, составляющих государственную тайну, должны представить заключение об отсутствии в статье сведений, составляющих государственную тайну.

В рукописи должны отсутствовать неправомерные заимствования (плагиат). При использовании материалов из работ других авторов (схемы, рисунки, фотографии, таблицы, фрагменты текста), автор должен руководствоваться ст. 1274 IV части ГК РФ, допускающей свободное использование произведения в информационных, научных, учебных или культурных целях, но с обязательным указанием имени автора, произведение которого используется, и источника заимствования.

Если в работе представлены результаты собственных исследований с участием животных или людей как объектов исследования, в рукописи статьи авторы должны указать, что все стадии соответствуют законодательству и нормативным документам исследовательских организаций, а также одобрены соответствующими комитетами (с указанием названия, номера и даты документа).

Названия документов, упоминаемых в тексте, должны приводиться полностью. Например, не «Конвенция о запрещении химического оружия», а «Конвенция о запрещении разработки, производства, накопления и применения химического оружия и о его уничтожении».

Для *оригинальных статей* (результатов собственных исследований авторов) в журнале принят формат IMRAD (introduction, methods, results and discussion; введение, методы, результаты и обсуждение).

Для *обзорных статей* (результатов анализа литературы) редколлегия рекомендует излагать материал в следующей последовательности:

- введение, отражающее актуальность проблемы и заканчивающееся формулировкой цели работы и ее задач;

- основная часть, при необходимости разбитая на подразделы и содержащая результаты работы и их обсуждение;

- выводы (или заключение).

Названия разделов в рукописях обзорного характера определяются автором. Статья, не имеющая деления на разделы, набранная сплошным текстом без заголовков, не может быть отнесена к научной статье. Требования к структуре оригинальной статьи приведены на схеме (рисунок 1).

Требования по типу публикации предполагают следующие форматы:

оригинальная научная статья – развернутый формат представления результатов логически завершенного научного исследования – около 40 тыс. знаков, 5–8 рисунков, 25–40 ссылок;

краткое сообщение – краткий формат представления отдельных результатов логически завершенного научного исследования – не более 2500 слов, не более двух рисунков или таблиц, минимум восемь ссылок.

обзорная статья – основной целью написания обзорной статьи для журнала «Вестник войск РХБ защиты» должно быть обсуждение накопленного материала и представление нового взгляда автора на ранее описанные явления, переосмысление и поиск новых подходов к их трактовке и использованию. Простое перечисление фактов и констатация современного состояния вопроса не допускаются. От пяти и более рисунков, от 70 ссылок. Размер обзорной статьи нужно согласовывать с редакцией.

Шрифт Times New Roman, размер 14. Текст должен располагаться на одной стороне листа с полуторным интервалом между строками, с полями на левой стороне листа (не менее 3,5 см) и на правой стороне листа (не менее 1 см).

Сокращения слов и аббревиатуры допускаются по тексту статьи, если первоначально приведено полное название. Фамилии иностранных авторов приводятся в оригинальной транскрипции. Не допускаются сокращения простых слов. Дозы лекарственных средств, единицы измерения и другие численные величины указываются в системе СИ.

В левом верхнем углу статьи приводится шифр УДК. Статью может сопровождать *словарь терминов* (неясных, способных вызвать у читателя затруднения при прочтении); словарь размещается в конце статьи.

Латинские названия биологических объектов исследований в названии статьи и в тексте пишутся с соблюдением общепринятых правил таксономической номенклатуры: бинарные видовые – курсивом (*Bacillus anthracis*, *Valeriana officinalis* L.), таксонов более высокого ранга – прямым шрифтом (род *Bacillus* или семейство *Bacillaceae*). При первом упоминании в тексте родовые и видовые названия приводятся без сокращений, далее по тексту родовое название обозначается одной прописной (первой) буквой, а видовое указывается полностью (*B. anthracis*).

Названия и символы генов набираются курсивом, а названия их продуктов – с прописной буквы прямым шрифтом. Например: гены *fos*, *c-myc*, *ATM*; белки *Fos*, *c-Myc*, *ATM*. Курсивом выделяются обозначения мобильных элементов, например, *hobo*-элемент, а также три первых буквы названий сайтов рестрикции, например, *HindIII*. Названия фагов и вирусов пишутся в латинской транскрипции прямым шрифтом.

В тексте статьи и аннотации следует избегать лишних вводных слов и бессодержательных фраз

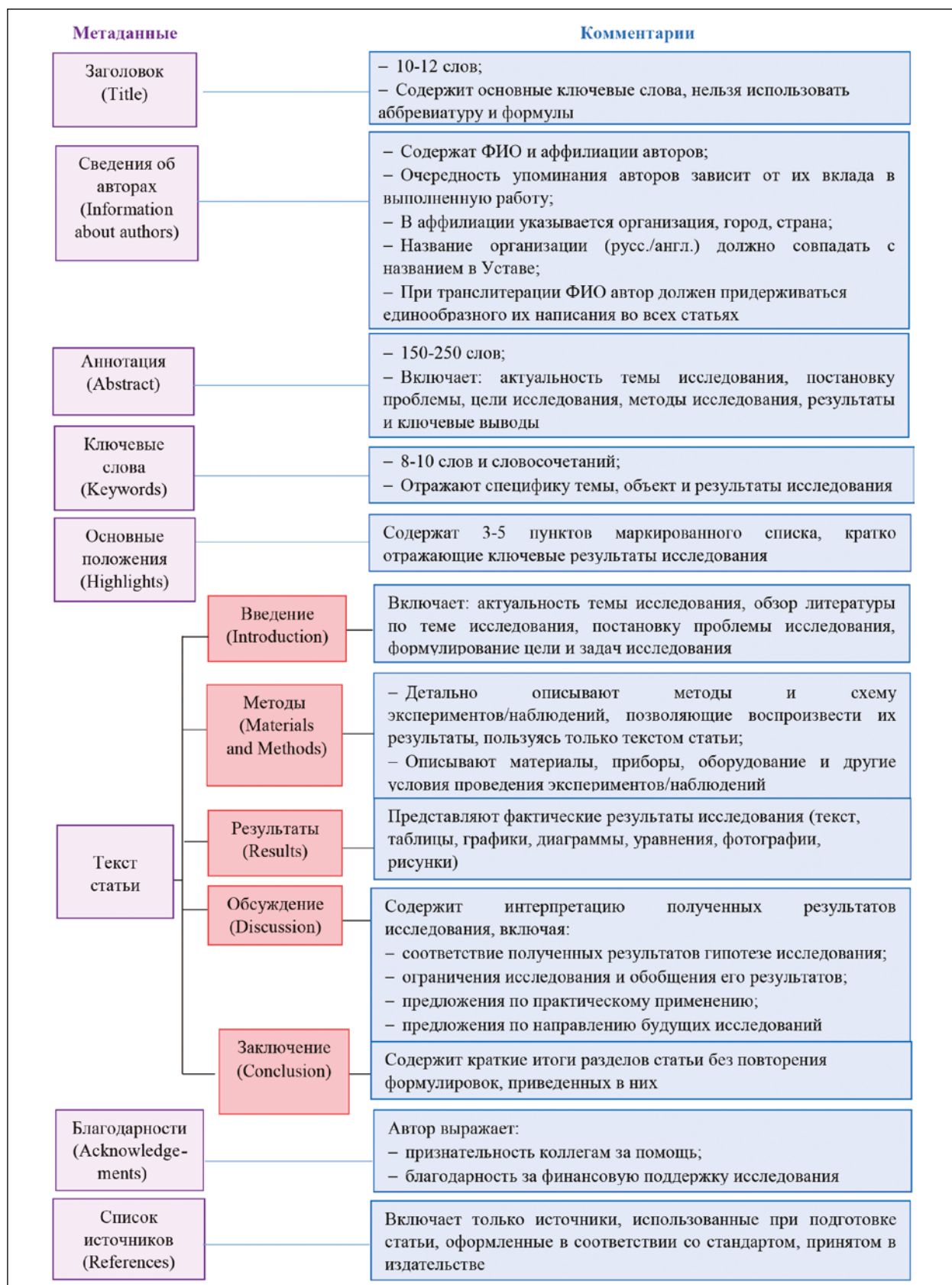


Рисунок 1 – Схема построения оригинальной научной статьи
 (Краткие рекомендации для авторов по подготовке и оформлению научных статей в журналах, индексируемых в международных наукометрических базах данных. М., 2017)

типа «автор статьи рассматривает...», «общеизвестно...», «как известно», «в наши дни», «в последнее время», «в установленном порядке», «все большее внимание», «можно сказать», «многokrатно повысить», «многочисленные исследования показывают», «несколько», «незначительно», «так как видно», «безусловно», «существенно более высокий уровень...», «обладает выраженной способностью...», «исследование посвящено актуальным вопросам...», «в целом результаты...», «эффективность... довольно низка», «зарубежные ученые считают...», «полученные за рубежом данные...», «по зарубежной оценке» и др. Должны приводиться конкретные факты, цифры и ссылки на источники, откуда взята информация.

Название (заглавие) статьи должно быть информативным и не содержать сокращений, за исключением общепринятых. Его не следует начинать с неопределенных слов, например, таких как «некоторые вопросы», «изучение», «исследование» и т.п., которые заведомо не дают представления, о чем конкретно идет речь в содержании работы. Максимальная длина названия статьи – 10–12 слов.

Сведения об авторах включают их ФИО и аффилиацию (наименования организаций, представивших статью, город, адреса авторов). При указании организации необходимо привести ее полный почтовый адрес с указанием индекса города, названия улицы, номера дома; для университетов – название факультета или института. Если авторы из разных организаций, то следует поставить одинаковые значки около фамилии автора и названия соответствующей организации. Можно не указывать улицу, но привести почтовый индекс. Для авторов важно придерживаться указания одного места работы.

Аннотация и ключевые слова – см. п. 3.

Библиографическое описание – приводится полное библиографическое описание статьи, облегчающее ее правильное цитирование другими авторами и работу поисковых систем, индексирующих журнал – см. п. 9.

Основные положения статьи (необязательный элемент) – отражают ключевые результаты исследования, основное содержание статьи, изложенные тезисно и оформленные в виде 3–5 пунктов маркированного списка.

При работе с версткой статьи, присланной редакцией авторам для проверки и согласования, целесообразно для внесения правок использовать инструмент «Разметка текста» программы Foxit Reader для Windows (распространяется бесплатно)⁷.

2. При подготовке оригинальных статей следует придерживаться следующего плана написания:

а) раздел «Введение» – краткая оценка современного состояния проблемы, обоснование ее актуальности. Приводятся наиболее известные и авторитетные публикации по изучаемой теме, обозначаются

нерешенные проблемы. Формулируются цели и задачи работы. Информация во Введении должна быть организована по принципу «от общего к частному». Цель работы должна соответствовать названию статьи. Объем этого раздела не должен превышать 20 % от объема основного текста;

б) раздел «Материалы и методы» должен содержать сведения о методах исследования, достаточные для воспроизведения. Автору необходимо пояснить, почему данные методы выбраны для исследования, в чем их преимущества перед другими для решения этой же задачи. Необходимо указать условия и последовательность операций при постановке экспериментов. Если описывается известный метод, то достаточно дать ссылку на соответствующий источник литературы. Необходимо указывать квалификацию и происхождение реактивов, фирмы и страны-производители приборов и оборудования, задействованных в экспериментах. Название компаний-производителей указывать в оригинальной транскрипции. Штаммы микроорганизмов и линии культур клеток, использованных при проведении исследований, должны быть депонированы в национальной коллекции. Необходимо указать название коллекции и регистрационный номер штамма. Если выполняется макро- или микрофотосъемка, указывать увеличение и название прибора, с помощью которого она проводится. Статистические методы приводятся настолько детально, чтобы читатель смог проверить представленные в статье результаты. По возможности следует подвергать полученные данные количественной оценке и представлять с соответствующими показателями ошибок измерения и неопределенности (такими, как доверительные интервалы). Не следует полагаться исключительно на статистическую проверку гипотез, например, на использование значений p , которые не отражают полноты информации. Выбор экспериментальных объектов необходимо обосновать. Следует приводить детали процесса рандомизации и методы, использованные для обеспечения «слепого» контроля. При описании статистических методов ссылки должны приводиться на известные руководства и учебники;

в) раздел «Результаты». В этом разделе должны быть представлены экспериментальные или теоретические данные, полученные в ходе исследования. Результаты даются в обработанном варианте: в виде таблиц, графиков, организационных или структурных диаграмм, уравнений, фотографий, рисунков. Приводятся только факты. Их интерпретацию, сопоставление с данными других исследователей следует помещать в раздел «Обсуждение». Если было получено много похожих зависимостей, представляемых в виде графиков, приводится только один типичный график, а данные об имеющихся количественных отличиях между ними представляются в таблице.

⁷ Краткая инструкция Foxit Reader для Windows. URL: cdn01.foxitsoftware.com/pub/foxit/manual/reader/ru_ru/FoxitReaderQuickGuide_9.2.pdf (дата обращения: 05.03.2019).

Существует три способа представления результатов: текст (вербальное представление); таблицы (полувербальное представление); рисунки: диаграммы, графики, изображения (визуальное представление). Все три способа представления результатов количественного исследования (текст, таблицы и рисунки) должны дополнять, а не повторять друг друга. Каждый график, каждая таблица должны быть представлены и описаны в тексте. Их текстовое описание также состоит из трех элементов. Первый указывает, что именно представлено, и где это можно найти в статье. Второй описывает наиболее важные черты этого графика или таблицы, а третий уже комментирует. Результаты рекомендуется излагать в прошедшем времени и утвердительными предложениями;

г) раздел «Обсуждение» содержит интерпретацию полученных результатов исследования, предположения о полученных фактах, сравнение полученных собственных результатов с результатами других авторов. В «Обсуждении» следует перейти от специфической информации разделов «Методы» и «Результаты» к более общей интерпретации результатов;

д) раздел «Заключение» содержит главные идеи основного текста статьи. Эту часть раздела надо тщательно отредактировать, чтобы не повторять формулировок, приведенных в предыдущих разделах. Желательно сравнить полученные результаты с теми, которые планировалось получить, а также показать их новизну и практическую значимость, прописать ограничения, возникшие в ходе работы. В конце раздела приводятся выводы и рекомендации, определяются основные направления дальнейших исследований. Выводы должны соответствовать цели исследования и быть основаны на полученных результатах. Основной вывод должен содержать ответ на вопрос, поставленный во вводной части статьи. Выводов не должно быть больше 3–5. При большем количестве теряется значимость основного (основных) вывода;

е) раздел «Благодарности» – в этом разделе следует упоминать людей, которые помогали при работе над статьей и источники финансирования;

ж) раздел «Информация о конфликте интересов». Авторы должны сообщить о наличии финансовых или каких-либо других существенных конфликтов интересов, которые могут быть расценены как повлиявшие на результаты исследования или их интерпретацию. Должны быть указаны формы стороннего финансирования работы (гранты, субсидии, пожертвования), если они были. Если нет конфликтов интересов, авторы должны заявить: «Авторы заявляют, что исследования проводились при отсутствии любых коммерческих или финансовых отношений, которые могли бы быть истолкованы как потенциальный конфликт интересов»;

и) раздел «Сведения о рецензировании статьи». Указывается модель рецензирования (двойное слепое или открытое рецензирование), количество рецензентов и местонахождение рецензий. Например: «Проведено двойное слепое рецензирование статьи

двумя рецензентами. Рецензии находятся в редакции журнала»;

к) раздел «Список источников» сообщает читателю, откуда заимствованы материалы или отдельные результаты (см. п. 9);

л) *англоязычный блок*. Переводятся на английский язык название статьи, сведения по аффилиации авторов, аннотация, ключевые слова и список источников. В отношении организации(ий) важно, чтобы указывался официально принятый английский вариант наименования. Например: Federal State Budgetary Establishment «27 Scientific Centre» of the Ministry of Defence of the Russian Federation, Brigadirskii Lane 13, Moscow 105005, Russian Federation; Kuban State University, Stavropolskaya Street 149, 350040 Krasnodar, Russian Federation; M.V. Lomonosov Moscow Academy of Fine Chemical Technology, Vernadskogo Ave. 86, Moscow 119571, Russian Federation; Federal State Budgetary Institution «Scientific Centre for Expert Evaluation of Medicinal Products» of the Ministry of Health of the Russian Federation, Petrovsky Boulevard 8, bld. 2, Moscow 127051, Russian Federation. Транслитерация ФИО авторов осуществляется по системе BGN (Board of Geographic Names, см. сайт <http://www.translit.ru>). Аннотация на английском языке на статью на русском языке по объему может быть больше аннотации на русском языке (см. п. 3), так как за ней не идет полный текст на этом же языке. В переводе аннотаций и ключевых слов на английский язык не должно быть транслитераций с русского языка, кроме непереводаемых названий собственных имен, приборов и других объектов, имеющих собственные названия; также не должен использоваться непереводаемый сленг, известный только русскоговорящим специалистам. Должна применяться англоязычная специальная терминология. Следует избегать употребления терминов, являющихся прямой калькой русскоязычных терминов. Необходимо соблюдать единство терминологии в пределах резюме. Текст должен быть связным, с использованием слов «следовательно», «более того», «например», «в результате» и т.д. («consequently», «for example», «the benefits of this study», «as a result» etc.). Излагаемые положения должны логично вытекать одно из другого. Необходимо использовать активный, а не пассивный залог, т.е. «The study tested», но не «It was tested in this study» (часто встречающаяся ошибка в российских аннотациях).

В списке источников (References) на английский язык переводятся названия статей на русском языке. Транслитерируются ФИО авторов и выходные данные периодических и непериодических изданий. В скобках указывается язык статьи (in Russian). Если в списке есть ссылки на иностранные публикации, они оставляются без изменений;

3. *Аннотация и ключевые слова* – основной источник информации о статье в отечественных и зарубежных информационных системах и базах данных, индексирующих журнал. Поэтому аннотация

должна быть информативной (не содержать общих слов о статье, например, таких: «В работе приведены результаты исследования по оценке ...» или «Показана возможность получения рабочих образцов сравнения с хорошими препаративными выходами ...», и т.п.), содержательной (отражать основное содержание статьи), структурированной (следовать логике описания результатов в статье). Ключевые слова должны отражать дисциплину (область науки, в рамках которой написана статья), тему, цель и объект исследования и использоваться читателем для быстрого и приоритетного обнаружения статьи поисковиками в электронных базах различного типа. Одним из проверенных вариантов аннотации является краткое повторение структуры статьи, включающей введение, цели и задачи, методы, результаты, заключение. Предмет, тема, цель работы указываются в том случае, если не ясны из заглавия статьи. Метод или методологию проведения работы в аннотации целесообразно описывать в том случае, если они отличаются новизной или представляют интерес с точки зрения публикуемой работы. Результаты работы описывают предельно точно и информативно. Приводятся основные теоретические и экспериментальные результаты, фактические данные, обнаруженные взаимосвязи и закономерности. При этом отдается предпочтение новым результатам и данным долгосрочного значения; открытиям, выводам, опровергающим существующие теории представления; а также данным, имеющим практическое значение. Выводы могут сопровождаться рекомендациями, оценками, предложениями, гипотезами, описанными в статье. В любом случае аннотация должна быть выстроена логически и условно включать разделы: обоснование проводимого исследования, методы (для экспериментальных статей), результаты, заключение (включающее подтверждение научной новизны статьи).

Сведения, содержащиеся в названии статьи, не должны повторяться в тексте аннотации. Следует избегать лишних вводных слов и бессодержательных фраз (см. выше). Исторические справки, если они не составляют основное содержание документа, описание ранее опубликованных работ и общеизвестные положения в аннотации не приводятся. В тексте аннотации следует употреблять синтаксические конструкции, свойственные языку научных и технических документов, избегать сложных грамматических конструкций. В качестве помощи для написания аннотаций можно использовать ГОСТ 7.9-95 «Реферат и аннотация. Общие требования». Аннотация составляется на заключительной стадии подготовки рукописи статьи.

Ключевые слова приводятся через точку с запятой, что облегчает классификацию работы в компьютерных поисковых системах. В качестве ключевых слов могут использоваться как одиночные слова, так и словосочетания в единственном числе и именительном падеже. Не следует использовать слишком сложные слова, слова в кавычках, слова с запятыми.

4. **Таблицы** помещают по тексту статьи после первого упоминания. Таблицы должны иметь номер и заголовок. Точка после заголовка таблицы не ставится. Заголовки выравниваются по левому краю. Номер таблицы ставится слева от заголовка.

Таблицы необходимо формировать, используя опцию Word «таблица» без абзаца в графе. Сокращения слов в таблицах не допускаются. Цифры в таблицах должны соответствовать цифрам в тексте. В тексте статьи необходимо привести ссылку на таблицу. Таблицы должны быть компактными, иметь порядковый номер; графы, колонки необходимо выверить логически и графически. Названия граф выделяются полужирным шрифтом. Пустые ячейки в таблице не допускаются. Материал таблиц (как и рисунков) должен быть понятным и не дублировать текст статьи. В случае необходимости использования сокращений их расшифровка приводится в примечаниях к таблице. Все данные, представленные в таблицах, должны соответствовать таковым в тексте рукописи.

5. **Графики** целесообразно представлять в программе Microsoft Excel с цифровыми данными. Каждый график в отдельном файле.

6. **Математические формулы и уравнения** следует выделять из текста в отдельную строку. Выше и ниже каждой формулы и уравнения должно быть оставлено не менее одной свободной строки. Если уравнение не умещается в одну строку, то оно должно быть перенесено после знака равенства (=) или после знаков плюс (+) или минус (-), умножения (×) или деления (:) или других математических знаков, причем знак в начале следующей строки повторяют. При переносе формулы на знаке, символизирующем операцию умножения, используют знак «×». Пояснение значений символов и числовых коэффициентов следует приводить непосредственно под формулой (уравнением) в той же последовательности, в которой они даны в формуле (уравнении). Формулы и уравнения в статье нумеруются порядковой нумерацией в пределах статьи арабскими цифрами в круглых скобках и крайнем правом положении на строке. Одну формулу (уравнение) обозначают – (1). Ссылки в тексте на порядковые номера формул и уравнений дают в скобках арабскими цифрами.

7. **Рисунки и фотографии.** Рисунки и фотографии размещаются в тексте статьи после первого упоминания, представлять их на отдельных листах нет необходимости. Рисунки могут быть черно-белыми и цветными. Количество обозначений на рисунке или фотографии необходимо свести к минимуму, объяснения следует давать в подрисунковой подписи. Под рисунком должны находиться название рисунка с номером рисунка и поясняющая подрисунковая надпись. Рисунки и фотографии должны представляться в электронном варианте. В подписях к микрофотографиям указываются увеличение, метод окрашивания. Электронные варианты рисунков и фотографий должны быть размером не менее чем 9–12 см, 300 точек/дюйм, формат tif, цветовая платформа

СМУК. Обязательно наличие распечатанного рисунка, представленного в электронном виде.

8. *Ученые степени и звания* приводятся в сокращенном виде, как указано в таблице 1.

9. *Список источников* (Библиографический список). На него обращается основное внимание при приеме рукописей. Готовится на русском и английском языках. Библиографический список позволяет:

- признавать и использовать идеи других авторов, избежав обвинений в плагиате;
- быстро найти источники материалов, на которые ссылается автор, ознакомиться с ними и убедиться в достоверности данных из этих источников;
- продемонстрировать масштаб и глубину исследования.

В список источников включаются только индексируемые наукометрических системах источники (статьи из научных журналов и монографии). Если цитируемая статья имеет уникальный идентификатор цифрового объекта DOI (англ. Digital Object Identifier), необходимо указывать его после описания цитируемой статьи. При проведении анализа научной проблемы необходимо показать знакомство с классическими трудами, сославшись в работе на соответствующие источники. Если необходимо сослаться на статью в общественно-политической газете, текст на сайте или в блоге, следует поместить информацию об источнике в подстрочную сноску. Нежелательно включать в библиографические списки нормативные документы (постановления, законы, инструкции и т.д.) и труднодоступные источники, которые никогда не будут проиндексированы в наукометрических системах. Предпочтительно их цитировать непосредственно в тексте или в сносках при первом упоминании (см. ниже «Сноски»). Также необходимо минимизировать цитирование учебников,

учебных пособий, справочников, словарей, сборников статей, диссертаций, других малотиражных изданий, которые, с одной стороны, не могут быть основанием для серьезных научных исследований, и с другой стороны, могут быть недоступны.

Ссылки в тексте должны даваться номерами в квадратных скобках в порядке их цитирования. При цитировании источников следует отражать работы не только российских, но и зарубежных коллег. Не следует прибегать к избыточному (не более трех ссылок по каждому утверждению) и ложному цитированию. Редакция оставляет за собой право выборочно проверять соответствие ссылок цитируемым сведениям. При обнаружении ложного цитирования статья не публикуется и с ее автором (авторами) редакция в дальнейшем не работает. Для статей, рассматривающих перспективные направления развития науки и техники, список литературы должен содержать не менее 20 источников, опубликованных за последние 3 года, из которых 15 являются иностранными изданиями. Преимуществом пользуются статьи, опубликованные в базах Scopus и Web of Science.

Библиографические списки составляются в соответствии с ГОСТ Р 7.0.5-2008 «Библиографическая ссылка. Общие требования и правила составления», введенном в действие с 01.01.2009 г. Для цитирования научной литературы в журнале используются затекстовые библиографические ссылки (см. раздел 7 и примеры ссылок в приложении А ГОСТ Р 7.0.5-2008). Электронные ресурсы локального и удаленного доступа цитируются в соответствии с правилами, приведенными в разделе 10 ГОСТ Р 7.0.5-2008. Примеры ссылок на электронные ресурсы приведены в приложении А этого же ГОСТа. Правильное описание используемых источников в *Список источников* – залог того,

Таблица 1 – Сокращения ученых степеней и званий

Полное наименование	Сокращенное наименование	Наименование (англ.)
доктор биологических наук	д-р биол. наук	Doctor of Biological Sciences
доктор ветеринарных наук	д-р ветеринар. наук	Doctor of Veterinary Sciences
доктор военных наук	д-р воен. наук	Doctor of Military Sciences
доктор медицинских наук	д-р мед. наук	Doctor of Medical Sciences
доктор технических наук	д-р техн. наук	Doctor of Technical Sciences
доктор физико-математических наук	д-р физ.-мат. наук	Doctor of Physico-Mathematical Sciences
доктор химических наук	д-р хим. наук	Doctor of Chemical Sciences
кандидат биологических наук	канд. биол. наук	Candidate of Biological Sciences
кандидат ветеринарных наук	канд. ветеринар. наук	Candidate of Veterinary Sciences
кандидат военных наук	канд. воен. наук	Candidate of Military Sciences
кандидат медицинских наук	канд. мед. наук	Candidate of Medical Sciences
кандидат технических наук	канд. техн. наук	Candidate of Technical Sciences
кандидат химических наук	канд. хим. наук	Candidate of Chemical Sciences
доцент	доц.	Associate Professor
профессор	проф.	Professor
старший научный сотрудник	ст. науч. сотр.	Senior Researcher
академик	акад.	Academician

что цитируемая публикация будет учтена Российским индексом научного цитирования (РИНЦ) при оценке научной деятельности ее авторов и организаций, где они работают. Ссылки на неопубликованные работы не допускаются. В ссылках на статьи, принятые в печать, но еще не опубликованные, нужно указать: «в печати». Информация из рукописей, представленных, но еще не принятых в печать, должна обозначаться в тексте как «неопубликованные наблюдения» (наличие согласия автора). Неполные ссылки, например, не содержащие название статьи, недопустимы. Обязательно должны быть приведены DOI цитируемых статей (если они были указаны авторами).

Сноски. Такие источники как авторефераты диссертаций, диссертации, препринты, нормативно-правовые документы (в том числе фармакопейные статьи), ГОСТы, СНИПы, информация с сайтов, статистическая и научно-техническая документация (в том числе отчеты о НИР) в *Список источников* не включаются. Цитирование этих источников следует оформлять в виде подстрочных ссылок (инструмент MS Word «Вставить сноску»). Наряду с неиндексируемыми источниками в подстрочных ссылках могут быть размещены комментарии авторов к тексту.

10. Печатный вариант необходимо подписать всем авторам. Указываются фамилия, имя, отчество, место работы, телефон, почтовый и электронный адреса автора, с которым редакция будет вести переписку.

11. Подпись автора(ов) под статьей, переданной в редакцию, подразумевает, что он(и):

- гарантируют, что размещение научной статьи в журнале «Вестник войск РХБ защиты» не нарушает ничьих авторских прав;

- статья содержит все предусмотренные действующим законодательством об авторском праве ссылки на цитируемых авторов и издания, а также используемые в статье результаты и факты, полученные другими авторами или организациями. Автор(ы) несет(ут) ответственность за научное содержание статьи и гарантирует оригинальность представляемого материала;

- статья не включает материалы, не подлежащие опубликованию в открытой печати, в соответствии с действующими нормативными актами;

- автор(ы) подтверждает(ют), что им был заключен с учредителем журнала в устной форме договор о предоставлении права использования научной статьи в журнале «Вестник войск РХБ защиты» на условиях простой (неисключительной) лицензии (на безвозмездной основе, на весь срок действия исключительного права, на территории всего мира), в частности, на использование научной статьи путем ее воспроизведения, права использования научной статьи целиком или фрагментарно в сочетании с любым текстом, фотографиями или рисунками, в том числе путем размещения полнотекстовых сетевых версий номеров на интернет-сайтах (ГК, Ч. IV, ст. 1236);

- автор(ы) согласен(сны) на обработку в соответствии со ст. 6 Федерального закона «О персон-

альных данных» от 27.07.2006 г. № 152-ФЗ своих персональных данных, а именно: фамилия, имя, отчество, ученая степень, ученое звание, должность, место(а) работы и/или обучения, контактная информация по месту работы и/или обучения, в целях опубликования представленной статьи в журнале «Вестник войск РХБ защиты»;

- автор(ы) подтверждает(ют), что направляемая статья нигде ранее не была опубликована, не направлялась и не будет направляться для опубликования в другие научные издания без уведомления об этом редакции журнала «Вестник войск РХБ защиты»;

- автор(ы) научной статьи ознакомлен(ы) и согласен(сны) с правилами подготовки рукописи к изданию, утвержденными главным редактором журнала «Вестник войск РХБ защиты».

12. Редакция рекомендует авторам в ходе подготовки статей проверять синтаксис предложений и убирать «словесный мусор» из текста с помощью сервиса «Главред» (<https://glvrd.ru>).

13. Для установления соответствия статьи требованиям журнала она проходит «двойное слепое рецензирование» либо открытое рецензирование (по решению редакции) двумя рецензентами. Готовые рецензии от авторов не принимаются. Минимальный срок рецензирования – 2–3 недели. Рецензии постоянно хранятся в редакции журнала и направляются в НЭБ. При слепом рецензировании фамилии рецензентов в НЭБ не разглашаются. Если рецензии положительные, но содержат замечания и пожелания, редакция направляет их авторам. Автор должен ответить рецензентам по всем пунктам их рецензий. В случае отклонения статьи редакция направляет авторам статьи текст рецензии либо аргументированное письмо редактора. Редакция не вступает в дискуссию с авторами отклоненных статей, за исключением случаев явного недоразумения. Рукописи не возвращаются.

14. Редакция оставляет за собой право сокращать принятые рукописи или вносить в них изменения, без изменения смысла статьи. Статьи, отправленные авторам для исправления, должны быть возвращены в редакцию не позднее, чем через две недели после получения. Если статья возвращена в более поздний срок, то сроки опубликования отодвигаются.

15. Редакция приветствует размещение уже опубликованных в журнале статей на интернет-сайтах, если приведено их полное библиографическое описание.

16. Неправильно оформленные статьи не рассматриваются. Статьи проверяются с помощью программы «Антиплагиат». Статьи недооформленные, а также с машинным переводом на английский язык аннотаций, возвращаются авторам на доработку или не рассматриваются.

17. Печатный вариант статьи и сопроводительные документы следует направлять по адресу: 105005, Москва, Бригадирский переулок, д. 13. ФГБУ «27 Научный центр» Минобороны России, редакция «Вестник войск РХБ защиты». Электронный вариант статьи представляется на CD-диске или по электрон-

ной почте (E-mail: 27nc_1@mil.ru).

18. Необходимо указать вклад каждого автора публикуемой работы. Приводится отдельным абзацем на русском и английском языках сразу после статьи перед информацией о конфликте интересов. ФИО авторов указывается инициалами, выделенными жирным шрифтом. Например, статья М.Д. Хорольского и Е.В. Мельникова.

Вклад авторов/ Author Contributions

М.Д.Х. – идея и дизайн исследования.
Е.В.М. – выполнил эксперименты, анализировал полученные данные, написал статью.

M.D.Kh. – conceived and designed the experiments.
E.V.M. – performed the experiments, analyzed the data, wrote the paper.

Другие варианты сообщения о вкладе авторов:

- предоставил реагенты/материалы/инструменты анализа / contributed reagents/materials/analysis tools;
- формирование концепции статьи, сбор, анализ и систематизация информации, изложенной в научной литературе, написание текста, редактирование рукописи / elaboration of the concept of the paper; collection, analysis and systematization of scientific literature; writing and editing of the paper;
- доработка текста, окончательное утверждение версии рукописи для публикации / revision of the text, approval of the final version of the paper for publication;
- сбор информации, изложенной в научной литературе, работа с табличным материалом, редактирование рукописи / compilation data, tabular work, editing of the paper;
- все авторы внесли существенный вклад в проведение поисково-аналитической работы и подготовку статьи, прочли и одобрили финальную версию до публикации/ all authors made a substantial contribution to the conception of the work, acquisition, analysis, interpretation of data for the work, drafting and revising the work, final approval of the version to be published.

И т.д.

19. Типовые ошибки авторов. Четыре года редакторской работы позволили нам составить перечень типовых ошибок, допускаемых авторами в представленных в редакцию рукописях. Поэтому перед отправкой рукописи статьи в редакцию журнала рекомендуем проверить:

- аннотацию – обычно они формальны, в основном рассказывают о намерениях авторов, но не отражают основного содержания работы. Авторам надо понять, что аннотация – это отдельное научное произведение. Она должна отражать актуальность работы, ее цель, использованные методы и полученные результаты. Объем аннотации – до 2 тыс. знаков, используйте же их полностью таким образом, чтобы читатель вашей статьи мог ее процитировать, не обращаясь к ее основному тексту;
- русское и английское название организации (должны быть таким, как записано в уставе организации), расположение по алфавиту ключевых слов,

посчитать таблицы и рисунки и проверить их номера и содержание, они должны соответствовать тексту, все иметь отсылки в тексте, и быть вставлены в текст непосредственно после отсылки в тексте;

- имена, отчества авторов в разделе «Об авторах» должны быть приведены полностью;

- адрес электронной почты – для организаций МО РФ он должен соответствовать официальному адресу электронной почты организации, представившей статью, а не личному адресу автора;

- таблицы и рисунки должны идти сразу после упоминания в тексте рукописи;

- если статья биологическая, обратить внимание на курсивное написание генов (пишутся прописными буквами) и видовых названий микроорганизмов;

- цифры и сокращения в верхнем и нижнем регистрах, например, $\text{Cl}_3\text{-NO}_2$, а не Cl3-NO2 ;

- нумерацию формул;

- правильность употребления дефисов и тире (часто вместо тире стоит дефис);

- раскрытие аббревиатур – при первом упоминании;

- указания авторами источников, откуда взяты рисунки, схемы, фотографии;

- написание процентов – % пишутся сразу после цифры (без пробела) – 15%, 15%-й раствор, 20%-го раствора;

- соответствие названия статьи и авторского коллектива в русской и английской версиях библиографического описания названию и авторскому коллективу, вынесенным в заголовок статьи;

- интервалы значений между числами в цифровой форме – можно через тире, например, длиной 5–6 м, но в технических и научных текстах предпочтительнее через многоточие – 5...6 м. Важно, чтобы интервалы цифровых значений в тексте статьи были единообразными;

- знак градуса ставится перед °C без пробела, между знаком градуса и цифровой величиной ставится пробел 30 °C, температура обозначается курсивным *t*, например, температура плавления $t_{\text{пл}}$ минус 39 °C;

- правильность написание сокращений (см. ГОСТ Р 7.0.12-2011 и ГОСТ 8.417-2002). Прежде всего обратить внимание на то, где ставятся и где не ставятся точки: год (г.), годы (гг.), века (вв.), месяц (мес.), неделя (нед.), сутки (сут), час (ч), минута (мин), секунда (с), тысяча (тыс.), миллион (млн), метр (м), сантиметр (см), миллиметр (мм), тонна (т), килограмм (кг), миллиграмм (мг), экземпляры (экз.) и т.д. – если слово употребляется сразу после цифры. Если между цифрой и сокращаемым словом есть еще слово (или слова), то писать полностью: «перемешивали 18 ч», «прошло 18 долгих часов». Проверить единообразие сокращений по тексту;

- имена и инициалы в тексте статьи – пишутся перед фамилией;

- правильность и полноту написания библиографических ссылок, приведение DOI цитируемых статей (если они были). Характерной ошибкой в ссылках на интернет-источники является отсутствие даты обращения к этим источникам.

Порядок и этика рецензирования статей в журнале «Вестник войск РХБ защиты»

Редакция придерживается принципа, что рецензирование является основным механизмом оценки качества публикуемых в журнале материалов исследования.

1. Автор статьи представляет в редакцию рукопись, оформленную в соответствии с Правилами направления и соблюдения этических норм при опубликовании научных статей в журнале «Вестник войск РХБ защиты».

2. Поступившую рукопись ответственный секретарь редакции регистрирует в специальном журнале в день получения редакцией ее бумажной или электронной версии (дата регистрации) и ей присваивается идентификационный номер, где первая цифра означает номер по порядку в текущем году, вторая – год поступления. Например, статья под № 23–20 означает, что она поступила 23-й по счету в 2020 г. На статью ответственным секретарем редакции заводится учетная карточка, отражающая ход рассмотрения статьи в редакции и содержащая окончательный вывод главного редактора (заместителя главного редактора) о возможности опубликования.

3. Все научные статьи подлежат обязательно рецензированию. Используются две модели рецензирования – двойное слепое и открытое (по выбору авторов). *Рецензии на опубликованные статьи направляются в РИНЦ.*

4. Главный редактор (заместитель главного редактора) в течение двух недель определяет соответствие статьи профилю журнала. Привлекаемые рецензенты должны быть признанными специалистами по тематике рецензируемых материалов и иметь в течение последних 3 лет публикации по тематике рецензируемой статьи. Предпочтительно привлечение к рецензированию специалистов из сторонних организаций. Рецензии постоянно хранятся в редакции журнала.

Рецензенту ответственным секретарем редакции (научным редактором) направляется уведомление (приложение 1), в котором указывается название статьи и срок представление рецензии, рукопись статьи, а также типовая форма рецензии (приложение 2).

5. Срок рецензирования – три недели. При необходимости повторное рецензирование проводится в такие же сроки. Если статья подготовлена не в соответствии с Правилами направления и соблюдения этических норм при опубликовании научных статей в журнале «Вестник войск РХБ защиты», рецензенту она не направляется и реколлегии не рассматривается.

6. Замечания и пожелания рецензента должны

быть объективными и принципиальными, направленными на повышение научно-методического уровня рукописи. Рецензент должен быть готов к тому, что рецензия будет направлена в ВАК (в случае двойного слепого рецензирования статьи), доступна другим исследователям через РИНЦ или опубликована на сайте журнала. Рецензент имеет определенные обязательства в отношении авторов и редактора.

7. Обязательства рецензента перед автором:

- беспристрастно оценивать научные достоинства и ценность рецензируемой работы;
- уклоняться от личных комментариев и критики;
- не использовать данные или идеи, приведенные в рецензируемой статье, в собственных публикациях без согласия автора(ов) и ссылки на данную работу;
- поддерживать конфиденциальность процесса рецензирования;

- не выходить за рамки Правил направления и соблюдения этических норм при опубликовании научных статей в журнале «Вестник войск РХБ защиты».

8. Обязательства рецензента перед редактором:

- соблюдать правила рецензирования, изложенные в данном документе;
- предупреждать редактора о конфликте интересов с авторами статьи, отказ от рецензирования, если такой конфликт возможен;
- рассматривать рукопись статьи как конфиденциальную информацию (не показывать рукопись кому-либо, не передавать ее на рецензирование другим лицам без согласования с главным редактором или его заместителем);
- предупреждать главного редактора (его заместителя) о невозможности завершить рецензию в определенный срок;
- сообщать главному редактору о любых этических сомнениях в отношении рецензируемой статьи.

9. В рецензии рецензентом как минимум даются ответы на вопросы, изложенные в типовой форме рецензии (приложение 2). По желанию рецензента дополнительно может быть подготовлена развернутая рецензия с подробным критическим разбором или комплексным анализом рукописи. В заключительной части рецензии должны содержаться выводы о рукописи в целом и одно из следующих решений:

- рекомендовать принять рукопись к публикации в журнале «Вестник войск РХБ защиты»;
- рекомендовать принять рукопись к публикации в журнале «Вестник войск РХБ защиты» с внесением технической правки редакцией без повторного рецензирования статьи;
- рекомендовать направить на повторное ре-

цензирование тому же рецензенту после устранения автором замечаний рецензента, с последующим принятием рукописи к публикации в журнале «Вестник войск РХБ защиты»;

- рекомендовать направить на повторное рецензирование другому рецензенту;
- рекомендовать отказать в публикации статьи в журнале «Вестник войск РХБ защиты».

10. В случае двух отрицательных рецензий статья направляется на дополнительное рецензирование другому рецензенту решением главного редактора (его заместителя) или по рекомендации редколлегии журнала.

11. Статья, принятая к публикации, но нуждающаяся в доработке, направляется автору с соответствующими замечаниями рецензентов и (или) главного редактора. Автор обязан реализовать замечания и вернуть в редакцию исправленный вариант рукописи (по электронной почте) не позднее, чем через две недели со дня ее получения. Возвращение статьи в более поздние сроки сдвигает дату ее опубликования.

12. Редакция журнала представляет рецензии на

рукописи по запросам соответствующего экспертного совета ВАК. Открытые рецензии могут быть размещены на сайте журнала.

13. В случае несогласия с мнением рецензента, автор статьи имеет право обратиться в редакцию журнала с аргументированной просьбой, в письменном виде, о направлении его рукописи на рецензирование другому рецензенту с приведением в обращении соответствующих аргументов. В этом случае редакционная коллегия журнала направляет рукопись на повторное (дополнительное) рецензирование, либо предоставляет автору новый мотивированный отказ. Окончательное решение принимает главный редактор журнала (или исполняющий его обязанности заместитель главного редактора).

14. Окончательное решение о целесообразности и сроках публикации рукописи после рецензирования принимает главный редактор журнала (или исполняющий его обязанности заместитель главного редактора) исключительно на основе ее научной значимости.



Приложение 1

Уведомление редакции журнала «Вестник войск РХБ защиты»

Уважаемый _____!

Направляем Вам на рецензирование рукопись _____

Модель рецензирования: двойное слепое; открытое (подчеркнуть)

Просим представить рецензию не позднее _____ 202_ г.

Заместитель главного редактора
_____ 2020 г.

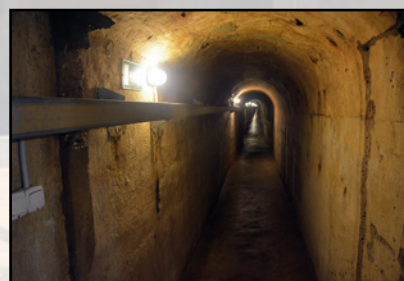
Д. Колесников

Типовая форма рецензии

Название статьи	
Соответствует ли содержание представляемой в редакцию рукописи статьи тематике (научному профилю) журнала?	
Соответствует ли название рукописи статьи ее содержанию?	
Сформулированы ли четко актуальность, цель и задачи исследования?	
Способствует ли достижению цели представленная совокупность задач?	
Содержит ли раздел «Материалы и методы» сведения о методах исследования, достаточные для их воспроизведения (если применимо)?	
Правильно ли применены методы статистического анализа и интерпретированы их результаты (если применимо)?	
Разъяснены ли в тексте рукописи статьи при первом упоминании аббревиатуры и другие условные буквенные сокращения?	
Отражено ли в выводах достижение цели исследования?	
Все ли выводы основываются на приведенных в статье данных?	
Отражает ли аннотация основное содержание работы и полученные результаты?	
Отражают ли приведенные ключевые слова специфику темы, объект и результаты исследования?	
Соответствуют ли библиографические описания цитируемой литературы современному состоянию проблемы, рассматриваемой автором?	
Достоверен ли список источников, приведенный автором?	
Соответствует ли рукопись статьи современным достижениям в той области знания, к которой она относится?	
Доступна ли рукопись статьи читателям, на которых она рассчитана, с точки зрения языка, стиля, расположения материала, наглядности таблиц, диаграмм, рисунков и формул?	
Есть ли признаки плагиата – заимствования частей чужого текста, цитат, таблиц, формул, графиков и т.п. без ссылки на автора и первоисточники?	
Есть ли признаки фальсификации или фабрикации научных данных?	
Целесообразна ли публикация рукописи статьи с учетом ранее выпущенной по данному вопросу литературы?	
В чем конкретно заключаются положительные стороны, а также недостатки рукописи статьи, какие исправления и дополнения должны быть внесены автором?	
Есть ли в рукописи статьи объекты интеллектуальной собственности, которые могут получить правовую охрану в России и за рубежом (вещество, способ, устройство)?	
Содержатся ли в рукописи статьи сведения рекламного характера?	
В чем заключается научный вклад данной рукописи статьи в ту область знания, к которой она относится?	
В каком направлении надо развивать эти исследования в будущем?	
Выводы о рукописи в целом (подчеркнуть нужное): 1) рекомендовать принять рукопись к публикации в журнале «Вестник войск РХБ защиты»; 2) рекомендовать принять рукопись к публикации в журнале «Вестник войск РХБ защиты» с внесением технической правки редакцией без повторного рецензирования статьи; 3) рекомендовать направить на повторное рецензирование тому же рецензенту после устранения автором замечаний рецензента, с последующим принятием рукописи к публикации в журнале «Вестник войск РХБ защиты»; 4) рекомендовать направить на повторное рецензирование к другому рецензенту; 5) рекомендовать отказать в публикации в журнале «Вестник войск РХБ защиты». (см. п. 9 Порядка рецензирования статей в журнале «Вестник войск РХБ защиты»)	

Наша замечательная Россия

35-я Бронебашенная береговая батарея в Севастополе



Необходимость создания береговых батарей сверхкрупного калибра под Севастополем мотивировалась неудачной обороной крепости Порт-Артур в ходе русско-японской войны 1904–1905 гг., когда при прикрытии базы от артиллерийского огня надводных японских кораблей огневые возможности русских береговых батарей были значительно ниже возможностей японской корабельной артиллерии. Решение о создании батарей сверхкрупного калибра принято Генштабом России в 1910 г. Проект батареи утвержден на заседании Инженерного комитета 20.08.1913 г. Достроили ее уже в советское время. Принята госкомиссией в декабре 1927 г. под № 35 (немецкое обозначение – «Maxim Gorki II»). Была вооружена четырьмя 305-мм орудиями в двух двухорудийных башнях, изготовленных Обуховским заводом в 1914–1916 гг. Орудийные станки и часть механизмов сняты из башен линкора «Полтава» Балтийского флота. Масса снаряда – 470,9 кг, дальность стрельбы – до 40 км. Управление огнем батареи велось с двух командных пунктов – главного и запасного. В двух километрах была построена ложная батарея, которую немцы бомбили до мая 1942 г. Первую стрельбу по противнику батарея произвела 07.11.1941 г., последнюю – 01.07.1942 г. Расстреляв боезапас, батарея в ночь с 1 на 2 июля была взорвана, командование Приморской армии эвакуировано. На берегу под защитой батареи ждали эвакуации 65–80 тыс. бойцов и матросов Красной Армии, они сражались до 12 июля 1942 г. В настоящее время на территории батареи находится музейный комплекс. На верхней фотографии – руины подземных сооружений одной из башен. На левой фотографии нижнего ряда – мемориал защитникам батареи; в центре – главный вход в казематы батареи; справа – одна из паттерн батарей.

Фотографии М.В. Супотницкого



Сайт журнала



РИНЦ

