



ТЕМА НОМЕРА:

НАУЧНЫЕ ПРОБЛЕМЫ
СОБЛЮДЕНИЯ КОНВЕНЦИЙ
О ЗАПРЕЩЕНИИ ХИМИЧЕСКОГО
И БИОЛОГИЧЕСКОГО ОРУЖИЯ

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

ВЕСТНИК ВОЙСК РХБ ЗАЩИТЫ

JOURNAL OF NBC PROTECTION CORPS

В НОМЕРЕ:

Том 3, № 1
январь-март
2019

- Получение рекомбинантного белка сибиреязвенного бактериолизина *PlyPH* и исследование *in vitro* его литических свойств в отношении микробных клеток *Bacillus anthracis*
- Химическое оружие в ирано-иракской войне 1980–1988 годов.
1. Подготовка Ирака к химической войне

Наша замечательная Россия

Храм Успения Пресвятой Богородицы, Забайкалье



Первые русские пришли в Забайкалье в середине XVII в. С этого времени Забайкалье вошло в состав Тобольской епархии. В 1664 г., согласно Сибирской «Киприановской» летописи, воеводой Афанасием Пашковым был основан Нерчинский Успенский мужской монастырь – первый русский монастырь за озером Байкал, в местах широко распространенного буддизма, шаманизма и старообрядчества. В XVII в. монастырь был самым дальним православным монастырем, отстоящим от российской столицы на 5 тыс. км. В Нерчинском Успенском монастыре отбывал ссылку протопоп Аввакум. При монастыре находилась богадельня «для престарелых и увечных служилых людей». Монастырь закрыт при Екатерине Второй в 1773 г. К настоящему времени сохранилось его главное сооружение – каменный соборный монастырский храм в честь праздника Успения Пресвятой Богородицы. Построен в 1712 г. Это самое старое каменное здание России к востоку от Байкала. Храм находится на правом берегу реки Шилка в 8 км южнее города Нерчинск (в 280 км восточнее Читы) в красивом селе Калинино (до 1923 г. – Монастырское). Специалисты отмечают удивительную гармонию масс, заключающуюся во взаимосвязи двух вертикальных объемов – храма и колокольни, соединенных протяженным помещением трапезной. Состояние храма очень плохое, но он не брошен, готовится его реставрация.



Журнал издается
с 2017 года

ВЕСТНИК ВОЙСК РХБ ЗАЩИТЫ

ISSN 2587-5728
(Print)
Том 3, № 1
2019 г.

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

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

Шилю Н.И. (Москва)

Научный редактор

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

Редакционная коллегия

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 мед. наук, проф. Гладких В.Д. (Москва)
Емельянов И.М. (Кострома)
канд. хим. наук Иноземцев В.А. (Вольск)
д-р техн. наук, проф. Кондратьев В.Б. (Москва)
д-р биол. наук, проф. Стяжкин К.К. (Тамбов)
канд. мед. наук Туманов А.С. (Киров)
канд. техн. наук Тырышкин С.Н. (Москва)
д-р хим. наук, проф. Холстов В.И. (Москва)

Дизайн, верстка: Сластимова 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: 15.03.2019 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

Обращение главного редактора к читателям	3
Общие вопросы РХБ защиты войск и населения	
Основные направления совершенствования программно-математического обеспечения подвижных лазерных комплексов дистанционной химической разведки В.А. Иноземцев, А.А. Григорьев, И.Н. Ефимов, А.А. Позвонков, А.С. Солошин	4
Проблемы соблюдения конвенций о запрещении химического и биологического оружия	
Получение рекомбинантного белка сибиреязвенного бактериолизина <i>PluPH</i> и исследование <i>in vitro</i> его литических свойств в отношении микробных клеток <i>Bacillus anthracis</i> Н.В. Онучина, А.В. Кузнецовский, В.Д. Сойбанов	15
Биологическая безопасность и защита от биологических угроз	
Токсические свойства тритерпеновых гликозидов голотурий Д.Л. Аминин, В.И. Калинин	23
Химическое и биологическое оружие в войнах и конфликтах	
Химическое оружие в ирано-иракской войне 1980–1988 годов. 1. Подготовка Ирака к химической войне М.В. Супотницкий, Н.И. Шилю, В.А. Ковтун	40
Вооружение и средства войск РХБ защиты	
Использование баковых смесей гербицидных препаратов для уничтожения нежелательной растительности на объектах Министерства обороны Российской Федерации Н.И. Кузнецова, И.П. Ивашёв, И.В. Медведский	65
Хроника	
Юбилей главного редактора журнала «Вестник войск РХБ защиты» доктора технических наук, лауреата Ленинской премии 1991 г., генерал-полковника в отставке Станислава Вениаминовича Петрова, в 1989–1991 гг. Начальник химических войск СССР, в 1992–2001 гг. Начальник войск РХБ защиты	75
Представители войск РХБ защиты ВС РФ приняли участие в XXVII Международных Рождественских образовательных чтениях и в торжественном акте в честь 10-летия Поместного Собора Русской Православной Церкви и интронизации Патриарха Кирилла	82
Выставка трофейной техники и оружия иностранного производства в Государственной Думе.	84
В Военной академии радиационной, химической и биологической защиты имени Маршала Советского Союза С.К. Тимошенко проведена историко-патриотическая акция «Военно-исторический диктант».	86
В 282 учебном Трансильванском Краснознаменном ордена Александра Невского центре войск РХБ защиты приведено к присяге молодое пополнение	88
Правила направления и опубликования научных статей в журнале «Вестник войск РХБ защиты»	89
Порядок рецензирования статей в журнале «Вестник войск РХБ защиты»	97

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. 2019. № 1. С. 89–96). 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 статей 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.



Published since
2017

JOURNAL

OF NBC PROTECTION CORPS

ISSN 2587-5728
(Print)
Vol. 3 No 1
2019

«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

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. (Moskba)

Editorial Council Members:

Doctor of Medical Sciences, Professor

Gladikh V.D. (Moscow)

Emelyanov I.M. (Kostroma)

Candidate of Chemical Sciences

Inozemcev V.A. (Volsk)

Doctor of Technical Sciences, Professor

Kondratyev V.B. (Moscow)

Doctor of Biological Sciences, Professor

Styazhkin K.K. (Tambov)

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

Candidate of Technical Sciences

Tyryshkin S.N. (Moscow)

Candidate of Chemical Sciences, Professor

Kholstov V.I. (Moscow)

CRC preparation: Slatilova 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

ПМ № ФС 77-69472, April 25, 2017.

All rights reserved. Links to the journal are

obligatory while citing.

The publication data for the journal is March 15,

2019.

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

To Our Readers from the Editor-in-Chief	3
General Issues of NBC Protection of Troops and Civilians	
Main Trends in the Improvement of Software of Mobile Laser Remote Chemical Reconnaissance Complexes V.A. Inozemcev, A.A. Grigor'ev, I.N. Efimov, A.A. Pozvonkov, A.S. Soloshin	4
The Problems of Adherence to the Chemical and Biological Weapons Conventions	
The Production of the Recombinant Protein of Anthrax Bacteriolysine PlyPH and In Vitro Study of the Lytic Properties of the Protein Coded for them Against Bacillus anhracis Microbial Cells N.V. Onuchina, A.V. Kuznetsovskiy, V.D. Soybanov	15
Chemical and Biological Weapons in Wars and Conflicts	
Chemical Weapons in the Iran-Iraq War (1980-1988). 1. Iraq Preparing for Chemical War M.V. Supotnitskiy, N.I. Shilo, V.A. Kovtun	40
NBC Defence Troops Weapons and Means of NBC Protection	
Use of Tank Mixtures of Herbicides for Annihilation of Non-Desirable Vegetation on Objects of the Ministry of Defence N.I. Kuznetsova, I.P. Ivashov, I.V. Medvetskiy	65
Cronicle	
The jubilee of the Editor-in-chief of the «Journal of NBC Protection Corps», Dr. Techn. Sciences, Lenin Prize winner (1991), Col.-Gen. (Ret.) Stanislav Veniaminovich Petrov, Chief of the USSR Chemical Troops (1989-1991), Chief of the NBC Protection Troops of the Russian Federation (1992-2001)	75
The Representatives of NBC Protection Troops Took Part in the XXVII International Christmas Educational Readings and in the Gathering in Honour of the 10th Anniversary of the Russian Orthodox Church Local Council and the Patriarch Kirill's Enthronement	82
The Exhibition of Captured Foreign-Made Equipment and Weapons at the State Duma	84
The Historical and Patriotic Action «Military Historical Dictation» at the Military Academy of the NBC Protection Troops	86
Administering the Oath at the 282 NBC Protection Troops Training Centre	88
Rules for the Authors Sending and Publishing Articles in the «Journal of NBC Protection Corps»	89
The Order of Peer Reviewing of the Articles in the «Journal of NBC Protection Corps»	97

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 Protections Corps. 2019. V. 3. No 1. P. 89-96).
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!

Журнал «Вестник войск РХБ защиты» издается с 2017 г. Это первый открытый научно-практический журнал войск РХБ защиты за более чем 100 лет их существования. Нами он задумывался как рецензируемый журнал, специализирующийся на освещении химических и биологических угроз Российской Федерации, научных проблем, возникающих при контроле за соблюдением Конвенций о запрещении химического и биологического оружия, научных достижений по основным направлениям деятельности войск РХБ защиты, повышении профессионального уровня специалистов войск РХБ защиты, возрождении интереса к их истории и привлечении молодых ученых к работе в наших НИО.

В 2018 г. мы увеличили объем журнала на 6 полос, повысили качество его полиграфического исполнения, максимально приблизили его структуру и структуру публикуемых статей к требованиям Минобрнауки России, предъявляемым к журналам, «в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание ученой степени кандидата наук, на соискание ученой степени доктора наук» и к требованиям международных наукометрических баз данных SCOPUS, Web of Science и др. Серьезно доработан сайт журнала. В декабре 2018 г. журнал был включен в Научную электронную библиотеку и Российский индекс научного цитирования (eLIBRARY.RU) – крупнейший российский информационно-аналитический портал в области науки, технологии, медицины и образования, что дает нам возможность объективно оценить востребованность научным сообществом отдельных авторов, статей и журнала в целом.

В 2018 г. мы опубликовали 23 оригинальные и обзорные научные статьи 74 специалистов, представляющих 7 организаций. Основные направления публикаций ушедшего года: «Проблемы соблюдения конвенций о запрещении химического и биологического оружия», «Химическая безопасность и защита от химического терроризма», «Биологическая безопасность и защита от биологических угроз». Все опубликованные статьи имеют обстоятельные и профессионально переведенные на английский язык аннотацию, библиографическое описание и большие библиографические списки. Нашей удачей ушедшего года я считаю своевременный ежеквартальный выпуск номеров в течение всего года; подготовку номеров, посвященных 100-летию войск РХБ защиты и 90-летию 33 Центрального научно-исследовательского испытательного института Министерства обороны Российской Федерации; статью В.А. Ковтуна с соавт. «Сирийская «химическая война» и подробное освещение брифингов, проведенных совместно Министерством обороны и Министерством иностранных дел по конвенционным проблемам, возникшим в ходе расследования случаев применения химического оружия в Сирии, а также изучения военно-биологической деятельности США на территории Грузии. Подробные отчеты о них опубликованы в третьем и четвертом номерах журнала.

В 2019 г. мы увеличиваем объем журнала до 100 полос, как это определено Свидетельством о его регистрации, что означает завершение двухлетнего подготовительного периода к его изданию. Вводим две новые рубрики: «Химическое и биологическое оружие в войнах и конфликтах» и «Охрана результатов интеллектуальной деятельности в войсках РХБ защиты». Со второго полугодия 2019 г. журнал объявлен в подписку по каталогу «Роспечати». Тогда же мы будем готовы к размещению рекламы организациями, производящими средства биологической и химической защиты. Пользуясь правом, предоставленным мне Уставом журнала, я обновил состав редакционной коллегии, включив в нее специалистов с высокой публикационной активностью и цитируемостью, индексируемой в РИНЦ и международными наукометрическими базами данных, которые имеют международную известность. Среди них: 3 доктора биол. наук; 2 доктора техн. наук; 3 доктора хим. наук; 2 д-ра мед. наук. Средний индекс Хирша членов редколлегии – 6,5. Обновлен и состав редакционного совета. В этом же году мы воспользуемся предоставленным нам Минобрнауки России правом после двух лет издания научного журнала подать заявление на включение его в «Перечень журналов, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание ученой степени кандидата наук, на соискание ученой степени доктора наук». Теперь дело за вами, уважаемые читатели и авторы. Только все вместе мы сделаем наш журнал влиятельным научно-практическим изданием международного уровня, достойным славной 100-летней истории войск РХБ защиты и их будущего.

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.

Основные направления совершенствования программно-математического обеспечения подвижных лазерных комплексов дистанционной химической разведки

В.А. Иноземцев, А.А. Григорьев, И.Н. Ефимов,
А.А. Позвонков, А.С. Солошин

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

Поступила 07.09.2018 г. Принята к публикации 10.01.2019 г.

Современный уровень развития теории лазерной локации и технических возможностей лидарных систем позволяет не только решать задачи дистанционного контроля оптических свойств аэрозольных образований, но и с помощью многочастотного лазерного зондирования измерять их концентрационные характеристики и параметры функции распределения аэрозольных частиц по дисперсному составу. Поэтому дистанционные средства химической разведки активного типа с функцией измерения параметров грубодисперсных аэрозолей отравляющих веществ (ОВ) и сильно действующих ядовитых веществ (СДЯВ) представляют собой новое поколение такой техники. Придание перспективным подвижным лидарным комплексам дистанционной разведки функций измерительных систем возможно путем внедрения современных программно-вычислительных комплексов и специальных алгоритмов по обращению данных лидарного зондирования в макро- и микроструктурные характеристики облаков физиологически активных веществ (ФАВ) в атмосфере. Тем самым обеспечивается контроль концентраций многокомпонентных смесей ФАВ, параметров функции распределения аэрозоля ФАВ по дисперсному составу с наложением изолиний концентраций индицируемых ФАВ на карту местности. Проведенные математические исследования позволили сформулировать основные требования к многочастотным лидарным измерениям: ошибка оптических измерений для всех λ_i не должна превышать 5 %; – мнимая часть комплексного показателя преломления вещества аэрозоля ФАВ должна быть $\chi \leq 0,005$; ошибка в задании вещественной части комплексного показателя преломления должна находиться в пределах $\pm 0,02$. При соблюдении этих требований метод многочастотного зондирования становится эффективным инструментом исследования дисперсного состава аэрозолей.

Ключевые слова: активная локация; дистанционная химическая разведка; зондирование; лидарный комплекс; микроструктура облака ФАВ; обратная оптическая задача; программно-математическое обеспечение.

Библиографическое описание: Иноземцев В.А., Григорьев А.А., Ефимов И.Н., Позвонков А.А., Солошин А.С. Основные направления совершенствования программно-математического обеспечения подвижных лазерных комплексов дистанционной химической разведки // Вестник войск РХБ защиты. 2019. Т. 3. № 1. С. 4–14.

При исследовании возможности лидарного контроля концентраций паров многокомпонентных смесей токсичных веществ уста-

новлено, что одной из проблем, возникающих при использовании дистанционных лазерных методов газового анализа, является необходи-



Рисунок 1 – Наземный подвижный лазерный комплекс дистанционной химической разведки КДХР-1Н¹

¹ Фотография авторов.

мость применения специальных алгоритмов обработки для интерпретации данных лидарных измерений. Таким образом, в настоящее время назрела острая необходимость разработки программно-математического аппарата и алгоритмов обработки спектральной информации для дистанционных средств химической разведки активного типа.

Цель работы – определить основные направления совершенствования программно-математического обеспечения подвижных лазерных комплексов дистанционной химической разведки.

Первые отечественные исследования по разработке принципов дистанционного обнаружения аэрозолей отравляющих веществ (ОВ) типа V-газов на основе упругого аэрозольного рассеяния при одночастотном лазерном зондировании проводились ГосНИИ «Химаналит» в период 1971–1975 гг. при военно-научном сопровождении и участии специалистов ФГБУ «33 ЦНИИИ» МО РФ. Был разработан, испытан и рекомендован метод дистанционного обнаружения аэрозолей V-газов путем регистрации поляризационных эффектов в области углов глории («метод глории»). В 1989 г., после выполнения работ и завершения государственных испытаний на базах Приволжского, Туркестанского и Ленинградского военных округов, образец под шифром КДХР-1Н был принят на вооружение Советской Армии. Внешний вид образца КДХР-1Н представлен на рисунке 1.

Комплекс дистанционной химической разведки КДХР-1Н обеспечивал измерение координат обнаруженного облака V-газов, фронтального размера, глубины и высоты верхней кромки облака ОВ. Полученная информация выводилась на информационный дисплей комплекса. Она обновлялась при каждом новом сканировании облака V-газов. Одновременно на информационной панели выводилось



Рисунок 2 – Наземный лазерный комплекс дистанционной РХБ разведки КЛН-РХБР¹

¹ Фотография авторов.

графическое изображение объекта индикации с привязкой его координат относительно местоположения образца КДХР-1Н. Графическое изображение облака ОВ не могло быть привязано к его концентрационным характеристикам, так как порог срабатывания изделия существенным образом зависел от дальности до объекта индикации, угла наблюдения, параметров функции распределения аэрозоля ОВ по дисперсному составу и ряда других факторов.

Разработка второго образца дистанционной индикации на основе применения последних достижений в области лазерной локации была выполнена научно-производственным предприятием «Лазерные системы» (г. Санкт-Петербург). В составе комплекса использовался набор лазерных излучателей, обеспечивающий многочастотное лазерное зондирование индицируемых облаков ФАВ в ультрафиолетовом, видимом и инфракрасном диапазонах спектра. Приемно-передающая система комплекса обеспечивала регистрацию рассеянного излучения в режиме лазерно-индуцированной флуоресценции и в режиме дифференциального поглощения-рассеяния. Внешний вид образца КЛН-РХБР представлен на рисунке 2.

По сравнению со своим предшественником, изделием – КДХР-1Н, разработанный лидарный комплекс обладал расширенными функциональными возможностями (обеспечивал одновременную индикацию паров и аэрозолей ОВ, СДЯВ и биологических средств) и лучшими тактико-техническими характеристиками (дальность действия и специфичность обнаружения). В 2010 г. образец под шифром КЛН-РХБР был принят на снабжение ВС РФ. Как и рассмотренный выше образец КДХР-1Н, комплекс обеспечивал картографирование результатов разведки и наложение их на карту местности (рисунок 3).

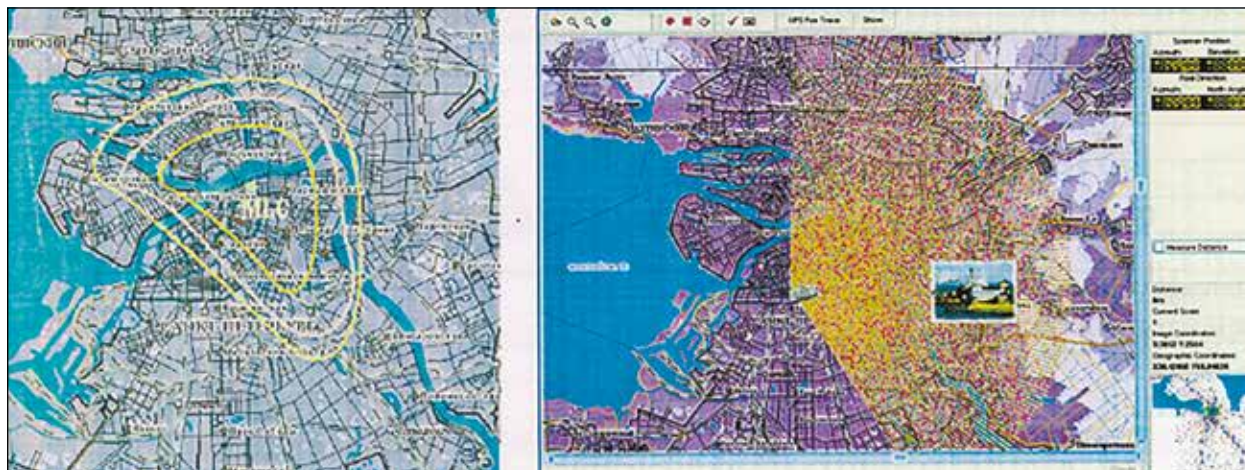


Рисунок 3 – Результаты дистанционного контроля аэрозольных образований, полученные с помощью комплекса КЛН-РХБР (г. Санкт-Петербург)¹

¹ Фотографии авторов.

Однако в связи с отсутствием внутренней калибровки по всем рабочим частотам комплекса, полученное графическое изображение объекта индикации также носило условный характер и не могло быть привязано к количественным характеристикам индицируемого облака ФАВ.

Анализ паровых и газовых загрязнений на трассе зондирования можно условно разбить на два этапа [1]:

- идентификация состава паровых (газовых) загрязнений (решение задачи о наличии или отсутствии того или иного токсичного вещества);

- измерение состава анализируемых загрязнений (получение количественной информации о концентрациях индицируемых компонентов).

Если задача идентификации решена или состав паровых и газовых загрязнителей заранее известен, основной проблемой газового анализа является создание специальных алгоритмов обработки для восстановления количественной информации о концентрациях газовых компонент по данным дистанционных измерений.

Рассмотрим задачу восстановления количественной информации о концентрациях газовых компонент атмосферы по данным измерений для лидара дифференциального поглощения. К лидарной системе на основе метода дифференциального поглощения-рассеяния можно отнести многочастотный лидарный комплекс КЛН-РХБР.

Общая формула для мощности сигнала, регистрируемого приемником лидара на длине волны λ_i и учитывающая поглощение всеми газовыми компонентами и связь коэффициента

поглощения газа $\kappa(\lambda, z)$ с концентрацией его молекул $N(z)$, имеет следующий вид [2]:

- для метода дифференциального поглощения и рассеяния:

$$P(\lambda_i, R) = K(\lambda_i) P_0(\lambda_i) \exp \left\{ -2 \sum_{j=0}^K \int_0^R N_j(z) \sigma_{\lambda_j}(\lambda_i, z) dz - 2 \int_0^R \varepsilon(\lambda_i, z) dz \right\}, \quad (1)$$

- для метода, основанного на отражении от расположенной на фиксированном расстоянии мишени:

$$P(\lambda_i) = \tilde{K}(\lambda_i) P_0(\lambda_i) \exp \left\{ -2 \sum_{j=0}^K \int_0^L N_j(z) \sigma_{\lambda_j}(\lambda_i, z) dz - 2 \int_0^L \varepsilon(\lambda_i, z) dz \right\}, \quad (2)$$

где K – число газовых компонент, а коэффициент $\varepsilon(\lambda, z)$ характеризует «фоновое» ослабление в атмосфере.

В настоящее время при многочастотном зондировании облаков различных ФАВ реализованы различные алгоритмы восстановления состава многокомпонентных смесей, которые разработаны специалистами Центра физического приборостроения РАН, МГУ им. М.В. Ломоносова, Института оптики атмосферы СО РАН и Института химической физики РАН. В качестве примера на рисунках 4–7 приведены результаты численного эксперимента по восстановлению концентраций газовых компонент, полученные с использованием регуляризирующих процедур обработки и стандартным методом решения системы линейных уравнений лазерного зондирования [2]. Параметр регуляризации выбирался на основе принципа невязки. Шум измерения моделировался случайным процессом с равномерным законом распределения, нулевым средним значением и заданной дисперсией. На рисунке 4 показана восстановленная концентрация фреона-12 для двухкомпонентной газовой смеси, а на рисунке 5 – концентрация трихлорэтилена для

восьмикомпонентной газовой смеси. На этих рисунках на оси ординат отложены восстановленные концентрации N газовых компонент с использованием регуляризирующих процедур обработки (кривые 1) и обычным методом решения системы линейных уравнений лазерного зондирования (кривые 2), а по оси абсцисс – среднеквадратическое относительное значение шума измерения σ_{ε} .

На рисунках 6 и 7 показаны результаты восстановления концентрации газов для описанной выше восьмикомпонентной смеси в случае, когда проводится предварительное (по 10 измерениям) усреднение принятых сигналов дистанционного зондирования. На рисунке 6 приведено восстановление концентрации аммиака, а на рисунке 7 – концентрации этилена.

На этих рисунках столбец 1 показывает заданную концентрацию газовой компоненты, столбец 2 – концентрацию газовой компоненты, восстановленную стандартным методом решения системы линейных уравнений, столбец 3 – концентрацию газовой компоненты, восстановленную с использованием построения регуляризованного решения. Относительная дисперсия шума измерения на длинах волн зондирования задавалась следующей (в порядке возрастания длин волн зондирования): 0,03; 0,02; 0,03; 0,02; 0,02; 0,03; 0,04; 0,02; 0,04; 0,03; 0,02; 0,04; 0,03; 0,04; 0,03.

Результаты численного моделирования при применении алгоритмов восстановления концентраций газовых компонент по данным дистанционных лазерных измерений показывают (рисунки 4 и 5), что при отсутствии шума измерения концентрации газовых компонент точно восстанавливаются как стандартными

методами решения системы линейных алгебраических уравнений, так и с использованием регуляризирующих процедур восстановления.

При реальных шумах измерения в случае небольшого числа газовых компонент (не больше пяти) для восстановления концентраций газовых загрязнителей по данным лидарных измерений можно использовать стандартные методы решения системы линейных алгебраических уравнений. В этом случае ошибки восстановления концентраций газов относительно невелики (рисунок 4) и использование регуляризирующих процедур обработки не дает заметного повышения точности.

В случае большого числа газовых компонент (шесть и более) стандартные методы решения системы линейных алгебраических уравнений могут давать значения концентраций, сильно отличающиеся от их действительных значений. В этом случае необходимо использовать алгоритмы восстановления, основанные на методах решения некорректно поставленных обратных оптических задач.

Точность восстановления стандартными методами можно повысить, проводя серии измерений и усредняя принимаемые сигналы, но и в этом случае ошибки восстановления могут быть очень большими, а значения восстановленных концентраций газов – сильно отличаться от их действительных значений (рисунки 6 и 7).

Таким образом, приведенные выше результаты теоретических и экспериментальных исследований подтверждают возможность измерения концентраций паров (газов) ОВ и СДЯВ при многочастотном лазерном зондировании.

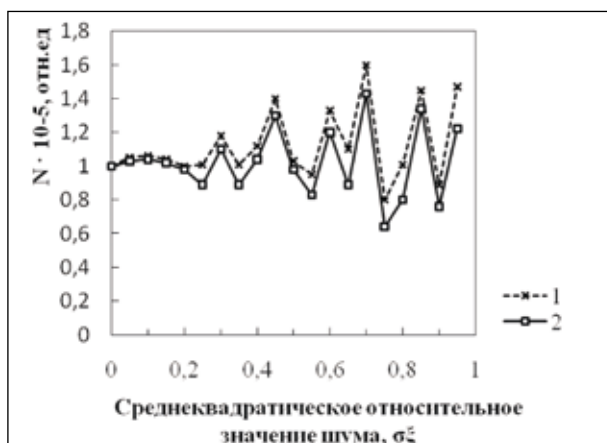


Рисунок 4 – Восстановленная концентрация фреона-12 двухкомпонентной газовой смеси*

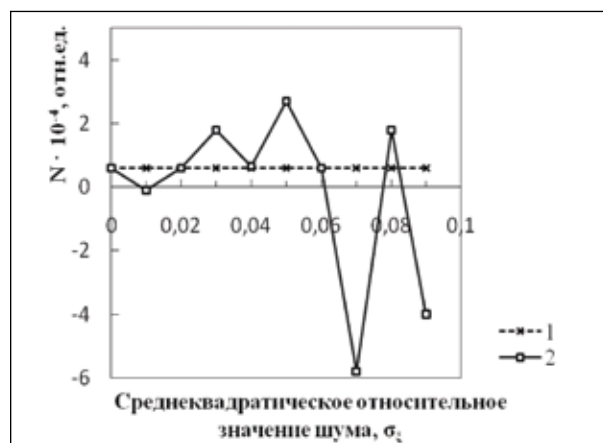


Рисунок 5 – Восстановленная концентрация трихлорэтилена восьмикомпонентной газовой смеси

* Рисунки 4–7 взяты из работы Козинцева В.И., Орлова В.М., Бегова М.М. с соавт. «Опико-электронные системы экологического мониторинга природной среды» М.: 2002.

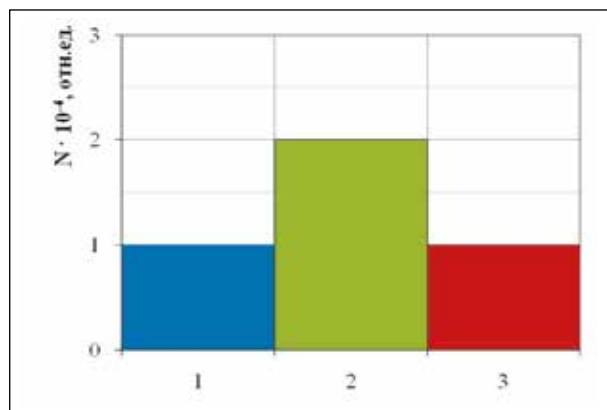


Рисунок 6 – Восстановленная концентрация аммиака при использовании различных методов решения обратной оптической задачи

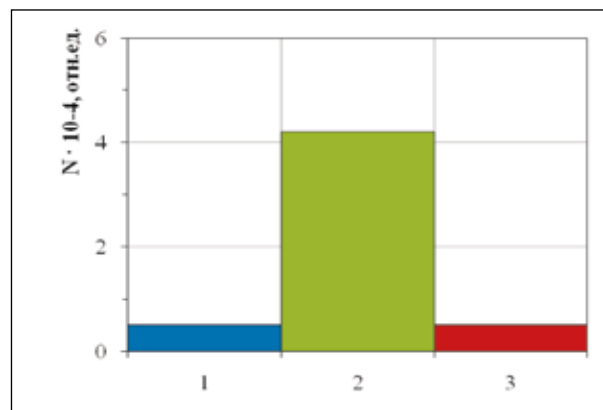


Рисунок 7 – Восстановленная концентрация этилена при использовании различных методов решения обратной оптической задачи

При разработке дистанционных средств химической разведки активного типа КДХР-1Н и КЛН-РХБР решалась задача специфической индикации первичных облаков аэрозолей ОВ в атмосфере. При этом спектральные свойства индицируемых ОВ были заранее известны и учитывались при разработке алгоритмов идентификации ОВ на фоне аэрозолей помеховых примесей или других ФАВ. В ходе решения данной задачи не рассматривались вопросы количественного анализа индицируемых облаков различных ФАВ. Однако анализ информационных материалов показывает, что современный уровень развития теории лазерной локации и технических возможностей лидарных систем позволяет не только решать задачи дистанционного контроля оптических свойств аэрозольных образований, но и измерять их концентрационные характеристики и параметры функции распределения аэрозольных частиц по дисперсному составу.

Задача восстановления микрофизических параметров аэрозоля ФАВ по данным лидарных измерений обычно разделяется на два независимых этапа [1]:

- вычисление оптических характеристик аэрозоля (коэффициентов экстинкции α и обратного рассеяния β) по данным лидарных измерений;

- восстановление по этим оптическим данным микроструктурных характеристик аэрозоля (концентрация и дисперсный состав индицируемых аэрозольных частиц).

Уравнение лазерной локации содержит два неизвестных, поэтому для его решения необходимо задаваться предположениями о соотношении между ними. На этом основаны широко используемые на практике методы Клетта и Ферналда [1]. Однако подобная информация, как правило, недоступна в процессе лидарных измерений. В связи с этим оптические коэффи-

циенты индицируемого аэрозоля измеряются со значительной погрешностью. Точность измерения повышается при использовании лидара высокого спектрального разрешения или рамановского лидара (лидара комбинационного рассеяния) [3]. В этих системах молекулярное рассеяние отделяется от аэрозольного и регистрируется либо на несмещенной частоте (рэлеевское рассеяние), либо на частотах, соответствующих рамановскому (комбинационному) сдвигу молекул кислорода или азота. Предполагая распределение плотности воздуха на горизонтальных и вертикальных известным, эти лидары позволяют непосредственно определять коэффициент экстинкции α и использовать его для вычисления β . Точность определения α и β в подобных системах составляет около 10 % [1].

Сечение рамановского рассеяния атмосферного азота почти на три порядка меньше сечения рэлеевского рассеяния, поэтому до недавнего времени рамановские лидары использовались главным образом для исследования нижних слоев атмосферы. Лишь в последнее десятилетие прогресс в разработке мощных лазерных источников излучения, создании многослойных диэлектрических интерференционных фильтров и приемников излучения с высоким квантовым выходом обеспечили возможность надежной регистрации сигнала рамановского рассеяния на дальностях до 10 км [1].

Среди существующих подходов к оценке параметров аэрозолей наиболее простыми являются прямые методы. Они основаны на использовании целого ряда априорных предположений о типе распределения аэрозолей по размерам $F(r)$ и о величине комплексного показателя преломления материала аэрозольных частиц m . На основе этой информации рассчитываются коэффициенты обратного рассеяния аэрозоля для различных параметров

распределения и производится их сравнение с экспериментально измеренными величинами. В результате определяются параметры распределения (средний размер и дисперсия), при которых оба набора оптических данных согласуются наилучшим образом [4]. Однако такого рода априорная информация доступна лишь для ограниченного круга задач, например, при исследовании стратосферного водного аэрозоля или для контроля параметров аэрозольных облаков ФАВ известного химического состава. Например, в работе [5] на основе данного методического подхода был предложен способ восстановления параметров функции распределения аэрозоля V-газов по данным многочастотного лазерного зондирования при возникновении запроектных аварий на объектах по хранению и уничтожению химического оружия. Сущность предложенного способа представлена на рисунке 8.

В основе предложенного методического подхода лежит использование многопараметрических рядов, которые оформляются в виде таблиц-сеток. Многопараметрический ряд представляет собой совокупность числовых значений параметров, объединенных в рамках системного анализа наиболее представительными и существенными отличительными признаками [6].

Хотя данный алгоритм позволял восстанавливать распределение аэрозоля по размерам

в значительном количестве случаев, в ряде ситуаций он вел себя неустойчиво, что приводило к серьезным ошибкам в определении параметров аэрозоля. Наблюдаемая неустойчивость могла быть связана, в том числе, и с используемым критерием выбора параметра регуляризации, поэтому при разработке аналогичного алгоритма в Центре физического приборостроения ИОФ РАН (ЦФП ИОФ РАН) [8] использовался критерий минимума невязки, поскольку он является наиболее естественным и физически понятным. В применении к лидарным измерениям этот критерий был модифицирован, используя условие неотрицательности решений, что позволило оценивать параметр регуляризации без априорного знания погрешностей измерения. Для дополнительной стабилизации решения обратной задачи в работе I. Veselovskii с соавт. [9] была предложена процедура усреднения решений, в отличие от классического метода А.Н. Тихонова и В.Я. Арсенина [7], определяющего решение, соответствующее минимуму невязки, как решение обратной оптической задачи. В работе I. Veselovskii с соавт. [9] производилось усреднение решений в окрестности этого минимума. В этой же работе были предложены критерии определения области усреднения. Проведенное сравнение результатов обработки одних и тех же лидарных данных алгоритмами Института тропосферных измерений (г. Лейпциг) и ЦФП



Рисунок 8 – Алгоритм восстановления параметров функции распределения по дисперсному составу аэрозольных облаков V-газов методом многочастотного лазерного зондирования [8]

ИОФ РАН с результатами забора локальных проб показало, что алгоритм ЦФП ИОФ РАН более устойчив и обеспечивает лучшую точность восстановления микроструктурных характеристик аэрозоля [1].

Результаты теоретических и экспериментальных исследований специалистов ЦФП ИОФ РАН показывают, что для контроля параметров высокодисперсных аэрозолей неизвестного химического состава может успешно использоваться упрощенная версия лидара на основе Nd:YAG лазера с генератором третьей гармоники. Такой лидар использует упругое рассеяние (355, 532, 1064 нм) и сигналы рамановского рассеяния азота воздуха (387, 607 нм). Соответственно могут быть определены 3 коэффициента обратного рассеяния и два коэффициента экстинкции ($3\beta+2\alpha$ набор). Результаты теоретических исследований, приведенных в работах [8, 9], показывают, что даже в такой упрощенной конфигурации лидарный комплекс способен обеспечить достаточную точность оценки микроструктурных параметров высокодисперсного аэрозоля неизвестного химического состава. Этот теоретический результат нашел подтверждение при обработке экспериментальных данных многочастотного лазерного зондирования. Сравнение микроструктурных параметров аэрозоля, полученных из полного набора данных ($6\beta+2\alpha$), с результатами обработки ограниченного набора ($3\beta+2\alpha$) демонстрирует, что эти результаты согласуются между собой и находятся в хорошем соответствии с результатами локального контроля характеристик аэрозольных частиц [8].

Как правило, задача восстановления параметров аэрозоля ФАВ по данным лидарных измерений рассматривается при априорном предположении о логнормальном распределении аэрозольных частиц по дисперсному составу. Это обусловлено тем, что результаты теоретических и экспериментальных исследований показывают, что в случае перевода жидкости в аэрозольное состояние путем дробления (взрыв, выливные авиационные при-

боры, дисковые аэрозольные генераторы, пневматические распылители и т. п.) образуются аэрозоли, дисперсный состав которых описывается логарифмически нормальным законом распределения частиц по размерам [10].

Однако анализ информационных материалов показывает, что существуют научно-технические предпосылки контроля микроструктурных характеристик аэрозольных систем, состоящих даже из двух и более фракций аэрозольных частиц. Оценка возможности использования метода регуляризации для восстановления бимодального распределения аэрозольных частиц по дисперсному составу при ограниченном наборе длин волн, доступных для зондирования, была исследована в работе I. Veselovskii с соавт. [9]. Численное моделирование проводилось для различных типов аэрозолей, соответствующих продуктам горения, промышленным выбросам, а также аэрозолю морского происхождения, при этом показатели преломления мелко- и крупнодисперсной фракций могли различаться. Результаты моделирования и экспериментальных измерений подтверждают, что и в этом случае параметры распределения могут быть определены с использованием ($3\beta+2\alpha$) наборов входных данных. Одним из принципиальных результатов, полученных в работах [8, 9], является восстановление комплексного показателя преломления аэрозоля при совместном использовании коэффициентов обратного рассеяния и экстинкции.

Альтернативным подходом к проблеме является рассмотрение информационной наполненности данных лидарного зондирования. Анализ информации, содержащейся в данных лидарных измерений, был впервые проведен в работе специалистов ЦФП ИОФ РАН, при рассмотрении линейной независимости спектров обратного рассеяния $\beta(\lambda)$ и экстинкции $\alpha(\lambda)$ аэрозоля [11]. Полученные результаты позволили оценить диапазон размеров частиц, в котором

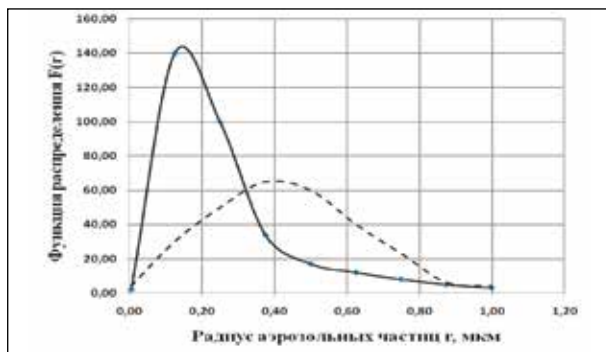


Рисунок 9 – Пример восстановления мономодального аэрозольного распределения по дисперсности при зондировании на трех длинах волн [13]

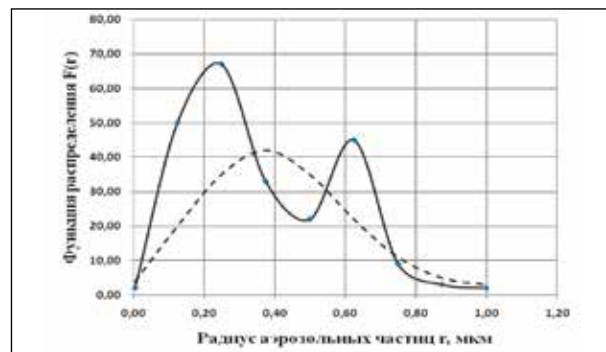


Рисунок 10 – Пример восстановления бимодального аэрозольного распределения по дисперсности при зондировании на трех длинах волн [13]

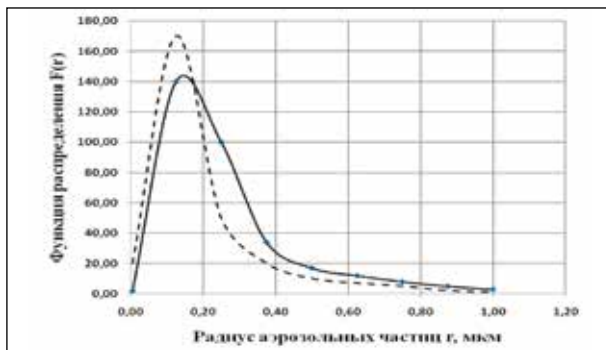


Рисунок 11 – Пример восстановления мономодального аэрозольного распределения по дисперсности при зондировании на семи длинах волн [13]

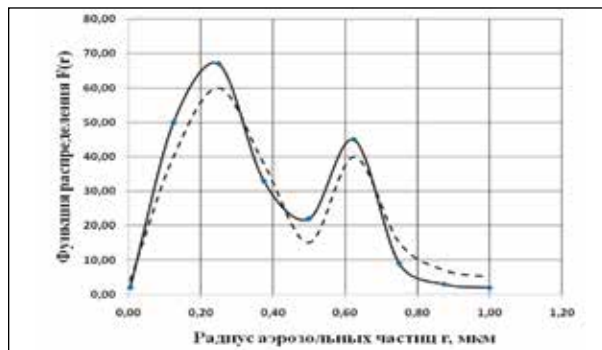


Рисунок 12 – Пример восстановления бимодального аэрозольного распределения по дисперсности при зондировании на семи длинах волн [13]

задача может быть решена, в зависимости от погрешностей входных данных лазерного зондирования. Такой подход дает представление о теоретически достижимой точности определения параметров аэрозоля ФАВ и позволяет исследовать эффект совместного использования коэффициентов обратного рассеяния и экстинкции. При этом результаты анализа справедливы для любого алгоритма решения обратной оптической задачи. В другой работе I. Veselovskii с соавт. [11] показано также, что при 10 % погрешности измерений количество независимых компонент, содержащихся в вариациях $\beta(\lambda)$ и $\alpha(\lambda)$, составляет три и два соответственно. Это означает, что измерение коэффициентов обратного рассеяния на трех длинах волн и экстинкции на двух при правильном выборе позволяет извлечь большую часть информации, которая в принципе доступна при многочастотном зондировании аэрозолей неизвестного химического состава и дисперсности. Данный результат объясняет, почему использование $(3\beta+2\alpha)$ и $(6\beta+2\alpha)$ наборов данных приводило к аналогичным результатам [1].

Специалистами ИОА СО РАН был проведен ряд теоретических и экспериментальных работ, направленных на разработку эффективных регуляризирующих алгоритмов и исследование возможностей многочастотного лазерного зондирования аэрозолей различного состава [12–14]. На рисунках 9–12 показаны результаты численного обращения данных трехчастотного и семичастотного зондирования аэрозоля [12]. По осям ординат отложено счетное значение концентраций аэрозольных частиц в 1 м^3 атмосферного воздуха $F(r)$. Сплошные линии на рисунках (графиках) 6–9 соответствуют точному распределению аэрозоля по дисперсному составу, пунктирные – восстановленному.

Для решения подобной обратной задачи В.Е. Зуевым [13] был предложен итерационный метод. Метод позволяет обеспечивать восста-

новление функции $F(r)$ в пределах 20 % ошибки. Проведенные математические исследования позволили сформулировать основные требования к многочастотным лидарным измерениям [13, 14]:

- ошибка оптических измерений для всех λ_i не должна превышать 5 %;
- мнимая часть комплексного показателя преломления вещества аэрозоля ФАВ должна быть $\chi \leq 0,005$;
- ошибка в задании вещественной части комплексного показателя преломления должна находиться в пределах $\pm 0,02$.

При соблюдении этих требований метод многочастотного зондирования становится эффективным инструментом исследования дисперсного состава аэрозолей. Однако следует отметить, что итерационный метод обеспечивает восстановление параметров функции распределения по дисперсному составу при условии наличия априорной информации об оптических свойствах материала аэрозольных частиц.

Таким образом, анализ и обобщение имеющихся информационных материалов показывает, что в настоящее время созданы научно-технические предпосылки для расширения функциональных возможностей дистанционных средств химической разведки активного типа путем придания им функций измерительных систем параметров грубодисперсных аэрозолей ОБ и СДЯВ. Методические подходы к решению задачи восстановления микроструктурных параметров аэрозолей методами регуляризации по данным многочастотного лазерного зондирования, разработанные ведущими специалистами МГУ им. М.В. Ломоносова, ЦФП ИОФ РАН, ИОА СО РАН и ряда других НИУ РАН, позволяют усовершенствовать программно-математическое обеспечение подвижных лидарных комплексов военного назначения. Расширение функциональных возможностей лазерных систем разведки может обеспечить не только обнаружение и идентификацию об-

лаков различных ФАВ, но и контролировать изменение их микроструктурных параметров в динамике их распространения. Полученный объем информации может быть использован для прогноза масштабов заражения местности аэрозолями стойких ОБ

при применении химического оружия средствами авиации и уменьшить объемы химической разведки за счет более точного прогноза складывающейся химической обстановки в районе боевых действий.

Информация о конфликте интересов

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

Сведения о рецензировании

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

Список источников

1. Веселовский И.А. Дистанционная лазерная диагностика аэрозольных и газовых составляющих атмосферы методами рамановского и упругого рассеяния: дис. ... докт. физ.-мат. наук. М.: ИОФ РАН, 2005. 384 с.
2. Козинцев В.И., Орлов В.М., Белов М.Л. и др. Оптико-электронные системы экологического мониторинга природной среды / Под общ. ред. Рождествина В.Н. М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2002. 528 с.
3. Ansmann A., Riebesell M., Wandinger U. et al. Combined Raman elastic-backscatter lidar for vertical profiling of moisture, aerosols extinction, and lidar ratio // Appl. Phys. 1992. V. 55. P. 18.
4. Григорьев А.А., Серебrenников Б.В. Способ дистанционного контроля дисперсного состава аэрозолей отравляющих веществ методом многочастотного лазерного зондирования в местах хранения и уничтожения отравляющих веществ при возникновении нештатных ситуаций // Докл. АВН. 2008. № 4. С. 63–69.
5. Патент РФ на изобретение № 2578105 (19.02.2016).
6. Большой энциклопедический словарь / Под ред. Кнузянца И.Л. М.: 1998. 207 с.
7. Тихонов А.Н., Арсенин В.Я. Методы решения некорректных задач. М.: 1974. 203 с.
8. Veselovskii I., Kolgotin A., Griaznov V. et al. Inversion with regularization for the retrieval of tropospheric aerosol parameters from multiwavelength lidar sounding // Appl. Opt. 2002. V. 41. P. 3685–3699.
9. Veselovskii I., Kolgotin A., Müller D. Retrieval of bimodal aerosol size distribution with multiwavelength Mie-Raman lidar / In: 6th International Symposium on Troposphere Profiling, Leipzig, Germany, September 14–20, 2003. P. 363–365.
10. Колмогоров А.Н. О логарифмически нормальном законе распределения частиц при дроблении // Докл. АН СССР. 1941. № 2. С. 36–41.
11. Veselovskii I., Kolgotin A., Müller D., Whiteman D.N. Information content of multiwavelength lidar data with respect to microphysical particle properties derived from eigenvalue analysis // Appl. Opt. 2005. V. 44. P. 5292–5303.
12. Наац И.Э. Некорректные обратные задачи лазерного зондирования атмосферных аэрозолей / В кн.: V Всесоюзный симпозиум по лазерному и акустическому зондированию атмосферы. Ч. 2. Томск, ИОА СО АН СССР, 1978.
13. Зуев В.Е. Оптический эксперимент и результаты обращения данных по многочастотному лазерному зондированию микроструктуры приземного слоя / В кн.: Проблемы дистанционного зондирования атмосферы. Томск: ИОА СО АН СССР, 1976.
14. Наац И.Э. Метод обратной задачи в атмосферной оптике. Новосибирск, 1986. 179 с.

Об авторах

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

Иноземцев Валерий Александрович. Начальник института, канд. хим. наук.

Григорьев Александр Александрович. Ведущий научный сотрудник, канд. техн. наук.

Ефимов Игорь Николаевич. Начальник отдела, канд. техн. наук.

Позвонков Андрей Александрович. Заместитель начальника отдела, канд. техн. наук.

Солошин Андрей Сергеевич. Младший научный сотрудник.

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

Контактное лицо: Иноземцев Валерий Александрович; 33cnii-fes@mil.ru

Main trends in the improvement of software of mobile laser remote chemical reconnaissance complexes

V.A. Inozemcev, A.A. Grigor'ev, I.N. Efimov, A.A. Pozvonkov, A.S. Soloshin

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

The contemporary level of the development of the theory of laser location and technical possibilities of lidar systems allows not only to solve certain problems of remote control of the optical properties of aerosol formations, but also to measure their concentrational characteristics and the parameters of the distribution function of the aerosol particles, using multi-frequency laser sensing. Because of that the remote means of chemical reconnaissance of active type with the function of measuring the parameters of aerosols of toxic substances and highly active toxic substances represent a new generation of such technologies. It is possible to give certain promising mobile lidar complexes of remote chemical reconnaissance special functions of measuring systems by introducing modern software and special algorithms for reversing lidar sensing data into macro- and microstructural characteristics of clouds of physiologically active substances (PhAS) in the atmosphere. This ensures control of the concentrations of multicomponental mixtures of PhAS, the parameters of the distribution function of the aerosol of PhAS by dispersion with the overlapping of isolines of the concentrations of the displayed PhAS on the terrain map. Mathematical studies allows us to formulate basic requirements for multi-frequency lidar measurements – optical measurement error for all λ_i should not exceed 5% - the imaginary part of the complex index of refraction of the substance of the aerosol of PhAS should be $\chi \leq 0,005$ the error in specifying the real part of the complex refractive index must be within $\pm 0,02$. If these requirements are met, this sensing method becomes an effective tool for the study of the disperse composition of aerosols.

Keywords: active location; remote chemical reconnaissance; sounding; lidar complex; microstructure of cloud of physiologically active substance; return optical problem; software.

For citation: Inozemcev V.A., Grigor'ev A.A., Efimov I.N., Pozvonkov A.A., Soloshin A.S. Main Trends in the Improvement of Software of Mobile Laser Remote Chemical Reconnaissance Complexes // *Journal of NBC Protection Corps*. 2019. V. 3. № 1. P. 4–14.

Conflict of interest statement

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

Peer review information

The article has been peer reviewed by two experts in the respective field. Peer reviews are available from the Editorial Board.

References

1. Veselovsky I.A. Remote laser diagnostics of aerosol and gas components of atmosphere by Raman methods and elastic dispersion: Dis. Doc. Phys.-math. sciences. Moscow: IOF the Russian Academy of Sciences, 2005. 384 p. (in Russian).

2. Kozintsev V.I., Orlov V.M., Belov M.L. et al. Optiko-electronic systems of ecological monitoring of environment / Ed. Rozhdestvin V.N. Moscow: publ. MGTU of AD Bauman, 2002. 528 p. (in Russian).
3. Ansmann A., Riebesell M., Wandinger U. et al. Combined Raman elastic-backscatter lidar for vertical profiling of moisture, aerosols extinction, and lidar ratio // Appl. Phys. 1992, V. 55. P. 18.
4. Grigorev A.A., Serebrennikov B.V. Method of remote control of disperse structure of aerosols of poison gases by a method of multifrequency laser sounding in places of storage and destruction of poison gases at occurrence of supernumerary situations // Reports Academy of military sciences. 2008. № 4. P. 63–69 (in Russian)
5. Patent RU № 2578105 (19.02.2016). (in Russian).
6. Big encyclopaedic dictionary / Ed. Knunjantsa I.L. Moscow: 1998. 207 p. (in Russian).
7. Tihonov A.N., Arsenin V.J. Methods of the decision of incorrect problems. Moscow: 1974. 203 p. (in Russian).
8. Veselovskii I., Kolgotin A., Griaznov V. et al. Inversion with regularization for the retrieval of tropospheric aerosol parameters from multiwavelength lidar sounding // Appl. Opt. 2002. V. 41. P. 3685–3699.
9. Veselovskii I., Kolgotin A., Müller D. Retrieval of bimodal aerosol size distribution with multiwavelength Mie-Raman lidar // In: 6-th International Symposium on Troposphere Profiling, Leipzig, Germany, September 14–20, 2003. P. 363–365.
10. Kolmogorov A.H. About logarithmically normal law of distribution of particles at crushing // Reports AH the USSR. 1941. № 2. P. 36–41 (in Russian).
11. Veselovsky I.A., Kolgotin A., Müller D., Whiteman D.N. Information content of multiwavelength lidar data with respect to microphysical particle properties derived from eigenvalue analysis // Appl. Opt. 2005. V. 44. P. 5292–5303.
12. Naats I.E. Incorrect return problems of laser sounding of atmospheric aerosols: In book V All-Union symposium on laser and acoustic sounding of atmosphere. Chapter 2. Tomsk: IOA CO AN the USSR, 1978. (in Russian).
13. Zuev V.E. Optical experiment and results of the reference of the data on multifrequency laser sounding of a microstructure of a ground layer: In book: Problems of remote sounding of atmosphere. Tomsk: IOA CO AN the USSR, 1976 (in Russian).
14. Naats I.E. A method of a return problem in atmospheric optics. Novosibirsk: 1986. 179 p. (in Russian).

Authors

Federal State Budgetary Establishment «33 Central Scientific Research Test Institute» of the Ministry of Defence of the Russian Federation, 1 Krasnoznamennaya Street, Volsk-18, Saratov Region 412918, Russian Federation
Valeriy Alexandrovich Inozemcev. Head of the Institute, Candidate of Chemical Sciences.
Alexandr Alexandrovich Grigor'ev. Leading Researcher, Candidate of Technical Sciences.
Igor' Nikolaevich Efimov. Head of Department, Candidate of Technical Sciences.
Andrey Alexandrovich Pozvonkov. Deputy Head of Department, Candidate of Technical Sciences.
Andrey Sergeevich Soloshin. Junior researcher.

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

Contact person: Inozemcev Valeriy Alexandrovich; 33cnii-fes@mil.ru

Получение рекомбинантного белка сибиреязвенного бактериолизина PlyPH и исследование *in vitro* его литических свойств в отношении микробных клеток *Bacillus anthracis*

Н.В. Онучина, А.В. Кузнецовский, В.Д. Сойбанов

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

Поступила 20.11.2018 г. Принята к публикации 10.03.2019 г.

Возбудитель сибирской язвы – *Bacillus anthracis*, вследствие распространенности его природных очагов на территории России, высокой вирулентности для человека и большинства млекопитающих, уникальной устойчивости споровых форм к воздействию факторов окружающей среды и неоднократного применения в террористических актах, представляет собой крайне опасный биологический агент. Поэтому необходим поиск новых эффективных препаратов для диагностики и лечения сибирской язвы, в том числе и заболеваний, вызванных антибиотико-устойчивыми штаммами *B. anthracis*. Новым направлением в диагностике, профилактике и лечении инфекционных заболеваний является использование литических ферментов видоспецифических бактериофагов. Цель работы – клонирование гена сибиреязвенного бактериолизина PlyPH в составе вектора pTrcHis2C в *Escherichia coli* и исследование *in vitro* литических свойств кодируемого им белка в отношении микробных клеток *B. anthracis*. По данным полного секвенирования геномов *B. anthracis* штаммов Ames, Stern 34F2 и JB17 был выявлен в составе их хромосомной ДНК профаг, утративший часть структурных генов, необходимых для его репликации, но сохранивший ген, имеющий высокую степень гомологии с геном бактериолизина γ фага. Для амплификации и последующего клонирования гена PlyPH нами были разработаны праймеры, содержащие сайты узнавания рестриктаз *EcoRI* и *BamHI*. Амплификацию гена PlyPH в полимеразной цепной реакции (ПЦР) с разработанной парой праймеров проводили, используя в качестве матрицы ДНК штамма Stern 34F2 сибиреязвенного микроба. На основе полученных продуктов амплификации и вектора pTrcHis2C нами сконструирована рекомбинантная плазмида, содержащая ген PlyPH синтеза бактериолизина и стабильно функционирующая в клетках рекомбинантного штамма *E. coli*. В ходе исследований установлено, что микробные клетки рекомбинантного штамма TOP10 *E. coli* обеспечивают продукцию бактериолизина сибиреязвенного профага – PlyPH, обладающего способностью *in vitro* лизировать вегетативные клетки вакцинного штамма *B. anthracis* СТИ-1.

Ключевые слова: *Bacillus anthracis*; вектор pTrcHis2C; клонирование; сибиреязвенный бактериолизин PlyPH; сибиреязвенный профаг; сибирская язва.

Библиографическое описание: Онучина Н.В., Кузнецовский А.В., Сойбанов В.Д. Оценка возможности получения рекомбинантного белка сибиреязвенного бактериолизина PlyPH и исследование *in vitro* его литических свойств в отношении микробных клеток *Bacillus anthracis* // Вестник войск РХБ защиты. 2019. Т. 3. № 1. С. 15–22.

Сибирская язва – острая инфекционная болезнь группы зооантропонозов, которая характеризуется тяжестью течения и высокой летальностью. Высокая вирулентность

возбудителя сибирской язвы для человека и большинства млекопитающих в сочетании с уникальной устойчивостью споровых форм к воздействию факторов окружающей среды

ставят его в разряд крайне опасных биологических агентов. На территории нашей страны зарегистрировано около 35 тыс. стационарно неблагополучных пунктов, где находятся сибиреязвенные захоронения, которые при отсутствии необходимых санитарно-противоэпидемических (профилактических) мероприятий в любой момент могут стать причиной заболевания человека [1–3]. Кроме того, сохраняется реальная опасность биологического терроризма с применением в качестве поражающего агента возбудителя сибирской язвы [4–6]. Данные обстоятельства обуславливают актуальность исследований по поиску новых эффективных препаратов для диагностики и лечения сибирской язвы, в том числе и заболеваний, вызванных антибиотико-устойчивыми штаммами возбудителя болезни.

Новым направлением в диагностике, профилактике и лечении инфекционных заболеваний является использование литических ферментов видоспецифических бактериофагов. Литические ферменты, отвечающие за лизис микробных клеток бактериальных хозяев, также называют фаг-ассоциированными лизинами или энзимобиотиками. Исследования белковой структуры бактериальных лизинов, кодируемых фагами, показали, что их N-концевой домен обладает ферментативной активностью в отношении пептидогликана, а C-концевой домен определяет специфическое связывание белка с полисахаридными эпитопами клеточной стенки бактерий [7]. Механизм литического действия бактериолизина схож с действием таких ферментов, как мурамидазы, глюкозаминидазы и эндопептидазы.

Фаг-ассоциированные лизины пневмококкового бактериолизина уже были успешно применены исследователями из института Рокфеллера (США) при лечении экспериментальной токсико-септицемии мышей [8]. Очищенный препарат лизировал клинические штаммы пневмококка, в том числе и устойчивые к пенициллину. Выживание мышей опытной группы при этом составило 100 %. Позже эта же группа ученых в серии опытов на мышах также продемонстрировала эффективность фаголизина стрептококков группы В [9]. Однако особый интерес представляют исследования фаголизина *B. anthracis*, полученного с использованием генно-инженерных методов из сибиреязвенного γ фага [10, 11]. Его очищенный препарат показал высокую эффективность *in vitro*, лизировал за 2 мин более 5×10^7 м.к./мл *B. anthracis* в 1 мл, а его введение инфицированным животным обеспечило выживание 70 % белых мышей. По мнению самих авторов, у данного препарата большие перспективы для использования как

для диагностики, так и в целях профилактики и лечения сибирской язвы.

Актуальность работы обусловлена необходимостью поиска новых эффективных препаратов для диагностики и лечения сибирской язвы, в том числе и заболеваний, вызванных антибиотико-устойчивыми штаммами *B. anthracis*. Кроме того, бактериолизины имеют преимущество перед антибактериальными препаратами, поскольку обладают активностью в отношении конкретных возбудителей и оказывают минимальное воздействие на другие микроорганизмы, в том числе комменсалы. Все это делает их пригодными в качестве альтернативных терапевтических агентов.

Цель работы – клонирование гена сибиреязвенного бактериолизина *PlyPH* в составе вектора pTrcHis2C в *E. coli* и исследование *in vitro* литических свойств кодируемого им белка в отношении микробных клеток *B. anthracis*.

Материалы и методы

Штаммы микроорганизмов и плазмиды. В работе использовали вакцинный штамм СТИ-1 *B. anthracis* и бесплазмидный штамм TOP10 *E. coli*, дефектный по синтезу протеаз и рестриктаз; коммерческий вектор pTrcHis2C («Invitrogen™», США).

Питательные среды и реактивы. Штаммы микроорганизмов выращивали на плотной питательной среде, содержащей сердечно-мозговой экстракт (ВНИ, «Difco», США), в жидкой питательной среде (LB-бульон, «Amresco», США).

Плазмидную ДНК из рекомбинантных штаммов *E. coli* выделяли с помощью набора реактивов GeneJet™ Plasmid Miniprep Kit («Fermentas», Литва).

Химический синтез праймеров для клонирования гена *PlyPH* осуществляли фосфоамидитным методом на автоматическом синтезаторе АСМ-102-У (ТОО «Биосан», г. Новосибирск). Очистку олигонуклеотидов проводили методом жидкостной хроматографии высокого давления.

Аmplификацию ДНК проводили методом ПЦР с синтезированными для клонирования гена *PlyPH* праймерами в термоциклере МС-2 «Терцик» (ООО «ДНК-Технология», Россия). Температурно-временные режимы полимеразной цепной реакции (ПЦР) подбирали экспериментально.

Продукты амплификации очищали с помощью набора Montage™ PCR Centrifugal Filter Devices (фирмы «Millipore», США) в соответствии с рекомендациями производителя.

Реакции рестрикции и лигирования ДНК проводили в соответствии с рекоменда-

циями фирмы – производителя ферментов (НПО «СибЭнзим», Россия).

Эффект рестрикции/лигирования подтверждали методом электрофореза в 1–1,5 % агарозном геле в сравнении с контрольными препаратами ДНК.

Белковый профиль рекомбинантных клонов штамма TOP10 *E. coli* анализировали методом электрофореза в полиакриламидном геле (ПААГ). При подготовке образцов к электрофорезу к 1 мл бактериальной суспензии исследуемого клона, содержащей по стандарту мутности ГИСК им. Л.А. Тарасевича 10 млрд. м.к./мл, добавляли 200 мкл раствора (20 % – сахарозы, 12 % – додецилсульфата натрия, 30 % – 2-меркаптоэтанола и 0,03 % – бромфенолового синего), тщательно перемешивали пипетированием и прогревали на кипящей водяной бане в течение 5 мин. Для контроля полноты инактивации прогретую суспензию бактерий высевали на плотную питательную среду.

Результаты и обсуждение

На первом этапе исследований необходимо было определить структурный ген сибиреязвенного бактериолизина, провести анализ его нуклеотидной последовательности и оценить возможности по его клонированию в *E. coli*. Изучение результатов полного секвенирования геномов *B. anthracis* штаммов Ames, Stern 34F2 и JB17 позволило выявить в составе их хромосомной ДНК профаг, утративший часть структурных генов, необходимых для его репликации, но сохранивший ген, имеющий высокую степень гомологии с геном бактериолизина γ фага. Последовательность данного гена, обозначенного как *PlyPH*, в базе данных NCBI представлена под номером NC_003997 [11].

Далее определили стратегию клонирования данного гена в *E. coli*. В качестве плазмиды для клонирования был выбран вектор pTrcHis2C размером 4,4 kb производства фирмы «Invitrogen» (США), схематически представленный на рисунке 1.

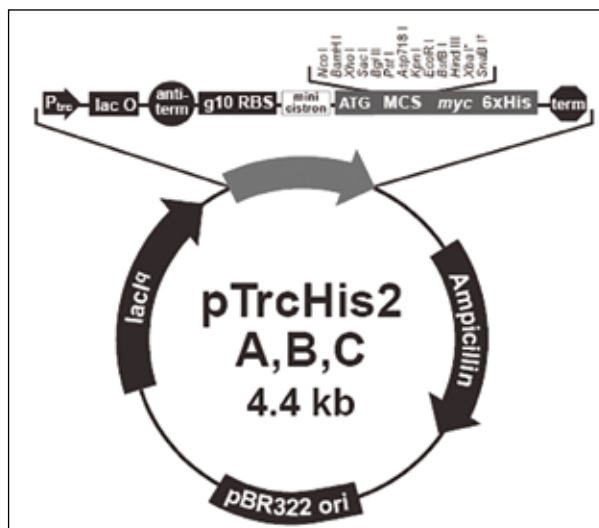


Рисунок 1 – Схематическое изображение вектора pTrcHis2C

(P_{trc} – изопропилтиогалактозид (ИПТГ) индуцируемый промотор по типу экспрессии лактозного оперона; LacO – lac-оператор; MCS – полилинкер; Ampicillin – ген устойчивости к ампициллину; pBR322 ori – точка начала репликации вектора из плазмиды pBR322 *E. coli*; lacIq – ген, кодирующий белок-репрессор)

С учетом сайтов рестрикции полилинкера вектора pTrcHis2C, для амплификации и последующего клонирования гена *PlyPH* нами были разработаны праймеры, содержащие сайты узнавания рестриктаз *EcoRI* и *BamHI*. Последовательности праймеров для амплификации и клонирования гена *PlyPH* *B. anthracis* и их основные свойства представлены в таблице 1.

Амплификацию гена *PlyPH* в ПЦР с разработанной парой праймеров проводили методом ПЦР, используя в качестве матрицы ДНК штамма Stern 34F2 сибиреязвенного микроба. Температурно-временные режимы ПЦР подбирали экспериментально.

Результаты амплификации гена *PlyPH* при выборе оптимальной температуры гибри-

Таблица 1 — Последовательности праймеров для амплификации и клонирования гена *PlyPH* *B. anthracis* и их основные свойства

Обозначение праймера	Нуклеотидная последовательность (5'→3')	Длина праймера, н.	Расчетная температура гибридизации, °C	Размер ожидаемого амплификата, п.н.
PlyPH R	atg <u>cg</u> aattcttatttaacttcataccacc	30	57,5	826
PlyPH L	atgggatccatgggttatattgtagatatttcg	33	61,9	
Примечание. Подчеркиванием выделены сайты узнавания рестриктаз EcoRI и BamHI для праймеров PlyPHR и PlyPHL соответственно.				

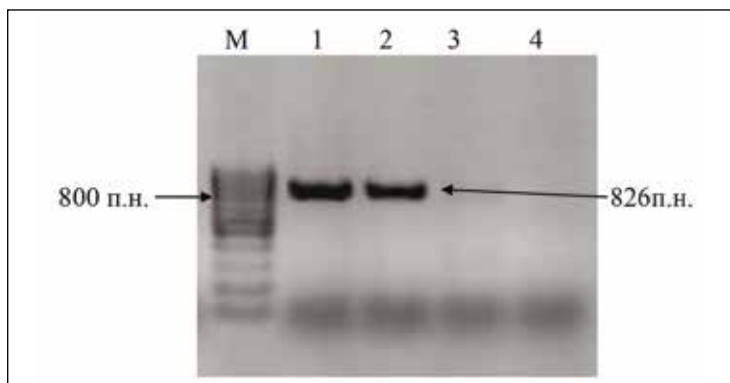


Рисунок 2 – Электрофореграмма продуктов амплификации гена *PlyPH* в 1,5 % агарозном геле (M – маркер молекулярных масс ДНК 100 п.н.; 1–4 – продукты ПЦР гена *PlyPH* с разработанными праймерами при температуре гибридизации 56, 57, 58 и 59 °C соответственно)

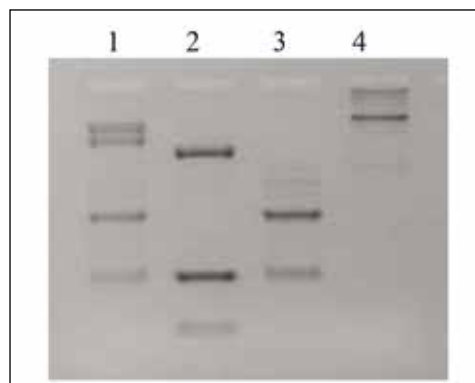


Рисунок 3 – Электрофореграмма результатов лигирования вектора *pTrcHis2C* и продукта амплификации гена *PlyPH* в 1,5 % агарозном геле (1 – смесь вектора и вставки после реакции лигирования; 2 – смесь вектора и вставки без лигазы; 3 – лигирование вставки «на себя»; 4 – лигирование вектора «на себя»)

зации праймеров в ПЦР представлены на рисунке 2.

Перед рестрикцией продукты амплификации очищали с помощью набора Montage[™] PCR Centrifugal Filter Devices (фирмы «Millipore», США) в соответствии с рекомендациями производителя. Расщепление ДНК вектора и вставки проводили в одной реакционной смеси одновременно по двум сайтам рестрикции с помощью эндонуклеаз *EcoRI* и *BamHI* (НПО «СибЭнзим», Россия).

Для ковалентного сшивания полученных фрагментов по комплементарным («липким») концам использовали ДНК-лигазу фага T4 (НПО «СибЭнзим», Россия). Лигирование ДНК вектора/вставки проводили при температуре 16 °C в течение 16–18 ч. Результаты лигирования вектора *pTrcHis2C* и амплификата гена *PlyPH* представлены на рисунке 3.

Эффективность лигирования оценивали методом электрофореза в 1,5 % агарозном геле по наличию дополнительных полос в смеси, содержащей ДНК вектора, вставки и лигазы фага T4 в соответствующем буфере в сравнении с контрольными препаратами ДНК.

Трансформацию клеток *E. coli* штамма TOP10 проводили по методу T. Maniatis с соавт. с применением хлористого кальция [12]. Трансформационную смесь высевали на чашки Петри с плотной питательной средой (ППС), содержащей ампициллин в концентрации 100 мкг/мл. Чашки инкубировали при температуре (36±1) °C в течение 12–18 ч. Выросшие колонии трансформантов исследовали в ПЦР со специфическими праймерами на наличие вставки гена *PlyPH*. Всего было подтверждено ме-

тодом ПЦР наличие гена *PlyPH* у 18 клонов. Из данных колоний с помощью набора реактивов GeneJet[™] Plasmid Miniprep Kit («Fermentas», Литва) выделяли плазмидную ДНК. Правильность встраивания гена *PlyPH* подтверждали путем рестрикции ДНК отобранных клонов эндонуклеазами рестрикции *EcoRI* и *BamHI*. Для дальнейших исследований отбирали только те клоны, плазмидная ДНК которых расщеплялась указанными рестриктазами на фрагменты длиной около 4400 и 826 п.н. (ДНК вектора и вставки соответственно). Всего для дальнейшей работы было отобрано 3 рекомбинантных клон штамма TOP10 *E. coli*, несущих ген бактериолизина сибиреязвенного микроба.

Отобранные клоны культивировали в LB-бульоне с добавлением ампициллина до концентрации 100 мкг/мл в 250-мл колбах в течение 3 ч при 150 об/мин. После чего для индукции экспрессии рекомбинантного белка вводили синтетический аналог лактозы – ИПТГ до концентрации 1 мМ и продолжали культивирование в течение 2 ч при прежних условиях.

Белковый профиль рекомбинантных клонов анализировали методом электрофореза в ПААГ. Результаты белкового электрофореза отобранных клонов представлены на рисунке 4.

По результатам белкового электрофореза был отобран один клон, продуцирующий белок, по молекулярной массе соответствующий белку *PlyPH* – 32 кДа.

На следующем этапе было проведено исследование литических свойств продуцируемого рекомбинантным штаммом белка в отношении микробных клеток *B. anthracis in vitro*. Микробные клетки штамма TOP10 *E. coli*, несущие гибридную

плазмиду pTrcHis2CPlyPH, культивировали в LB-бульоне с добавлением ампициллина до концентрации 100 мкг/мл в 250-мл колбах в течение 3 ч при $(36 \pm 1)^\circ\text{C}$, после чего в объеме 0,1 мл высевали на чашки Петри с ППС, содержащей 100 мкг/мл ампициллина и ИПТГ в концентрации 1 мМ. Чашки инкубировали при температуре $(36 \pm 1)^\circ\text{C}$ в течение 18 ч. По истечении указанного времени выросшие на ППС культуры лизировали хлороформом. Для чего по 5 мл хлороформа наливали в крышку каждой чашки Петри, после чего их закрывали и инкубировали при температуре $(36 \pm 1)^\circ\text{C}$ в течение 5 мин. Лизированные культуры смывали 50 мМ раствором трис гидрохлорида (рН 8,0). Лизаты переносили в 1,5-мл микроцентрифужные пробирки и центрифугировали в течение 1 мин при 13 тыс. об/мин. Для дальнейших исследований использовали надосадочную жидкость.

Исследование литических свойств рекомбинантного фаголизина в отношении микробных клеток *B. anthracis* *in vitro* проводили с использованием вакцинного штамма СТИ-1 сибиреязвенного микроба. Для этого 0,1 мл ночной культуры штамма СТИ-1 с концентрацией 1×10^7 КОЕ/мл с помощью шпателя последовательно распределяли на 3 чашки Петри по методу Дригальского, после чего на поверхность агара каждой чашки наносили в виде капли 0,05 мл лизата рекомбинантного штамма TOP10 *E. coli* с плазмидой pTrcHis2CPlyPH, 0,05 мл лизата штамма TOP10 *E. coli* с плазмидой pTrcHis2C без вставки и 0,05 мл суспензии рекомбинантного штамма TOP10 *E. coli* с плазмидой pTrcHis2CPlyPH, не подвергавшегося лизированию; четвертый сектор чашки служил контролем. Чашкам давали подсохнуть в течение 10 мин, переворачивали и инкубировали при температуре $(36 \pm 1)^\circ\text{C}$ в течение 18–24 ч. Через указанное время проводили учет результатов. Результаты эксперимента представлены на рисунке 5.

Отсутствие специфического роста *B. anthracis* на ППС в месте нанесения клеточного лизата рекомбинантного штамма *E. coli* с клонированным геном *PlyPH* в сравнении с контролем (наличие роста во всех остальных случаях) свидетельствовали о литической активности рекомбинантного белка в отношении вегетативных клеток штамма СТИ-1 сибиреязвенного микроба.

Таким образом, в ходе проведенных исследований был сконструирован рекомбинантный штамм *E. coli*, продуцирующий бактериолизин сибиреязвенного профага PlyPH, который обладает способностью *in vitro* лизировать вегетативные клетки *B. anthracis*.

В дальнейших исследованиях по данному направлению целесообразно изучить спектр литической активности фаголизина в

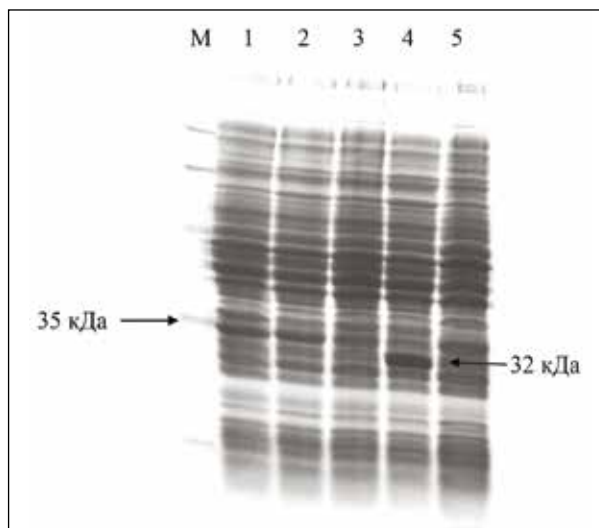


Рисунок 4 – Белковый профиль культуральных лизатов реципиентных и рекомбинантных штаммов

(М – маркер молекулярных масс белков 20–120 кДа; 1 – бесплазмидный реципиентный штамм TOP10 *E. coli*; 2 – штамм TOP10 *E. coli*, несущий вектор pTrcHis2C без вставки; 3, 4, 5 – рекомбинантные клоны штамма TOP10 *E. coli*, несущие гибридную плазмиду pTrcHis2CPlyPH)

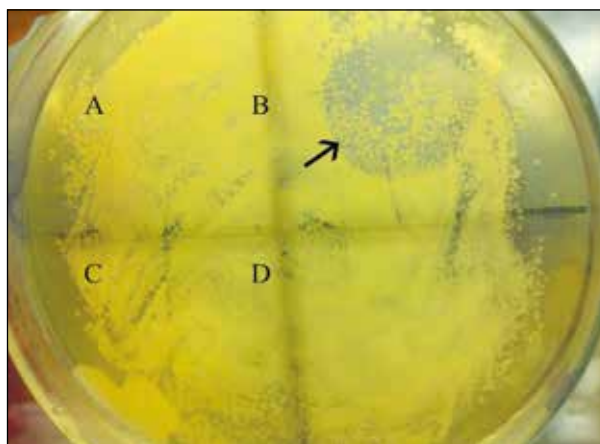


Рисунок 5 – Исследование литических свойств рекомбинантного фаголизина PlyPH *in vitro* в отношении микробных клеток штамма СТИ-1 *B. anthracis*

(А – область нанесения лизата штамма TOP10 *E. coli* с плазмидой pTrcHis2C без вставки; В – область нанесения лизата рекомбинантного штамма TOP10 *E. coli* с плазмидой pTrcHis2CPlyPH; С – область нанесения суспензии рекомбинантного штамма TOP10 *E. coli* с плазмидой pTrcHis2CPlyPH, не подвергавшегося лизированию; D – контроль; стрелкой указана зона лизиса клеток штамма СТИ-1 *B. anthracis*)

отношении различных штаммов *B. anthracis* и близкородственных бацилл, в том числе и

атипичных, получить очищенный препарат и оценить возможность его использования в качестве диагностического средства или специ-

фического препарата для профилактики и лечения экспериментальной сибиреязвенной инфекции.

Информация о конфликте интересов

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

Сведения о рецензировании

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

Список источников

1. Бургасов П.Н., Черкасский Б.Л., Марчук Л.М. и др. Сибирская язва. М.: Медицина, 1970.
2. Онищенко Г.Г., Васильев Н.Т., Литусов Н.В. и др. Сибирская язва: актуальные аспекты микробиологии, эпидемиологии, клиники, диагностики, лечения и профилактики. М.: ВУНМИЦ МЗ РФ, 1999.
3. Онищенко Г.Г. Инфекционные болезни – важнейший фактор биоопасности // Эпидемиология и инфекционные болезни. 2003. № 3. С. 4–16.
4. Онищенко Г.Г., Федоров Ю.М., Тихонов Н.Г. и др. Противодействие биотерроризму как новая проблема эпидемиологии // Эпидемиология и инфекционные болезни. 2003. № 2. С. 4–6.
5. Inglesby T.V., Henderson D., Bartlett J.G. et al. Anthrax as a biological weapon. Updated recommendations for management // JAMA. 2002. V. 287. P. 2236–2252.
6. Pile J.C., Malone J.D., Eitzen E.M. et al. Anthrax as a potential biological warfare agent // Arch. Int. Med. 1998. V. 158. P. 429–434.
7. Young R. Bacteriophage lysis: mechanism and regulation // Microbiol. Rev. 1992. V. 56, № 3. P. 430–481.
8. Cheng Q., Nelson D., Zhu S. et al. Removal of group B streptococci colonizing the vagina and oropharynx of mice with a bacteriophage lytic enzyme // Antimicrobial Agents Chemotherapy. 2005. V. 49, № 1. P. 111–117.
9. Jado I., Lopez R., Garcia E. et al. Phage lytic enzymes as therapy for antibiotic-resistant *Streptococcus pneumoniae* infection in a murine sepsis model // Antimicrobial Agents Chemotherapy. 2003. V. 52, № 6. P. 967–973.
10. Schuch R., Nelson D., Fischetti V.A. A bacteriolytic agent that detects and kills *Bacillus anthracis* // Nature. 2002. V. 418, № 22. P. 884–888.
11. Yoong P., Schuch R., Nelson D. et al. PlyPH, a bacteriolytic enzyme with a broad pH range of activity and lytic action against *Bacillus anthracis* // J. Bacteriol. 2006. V. 188, № 7. P. 2711–2714.
12. Маниатис Т., Фрич Э., Самбрук Дж. Молекулярное клонирование: пер. с англ. М.: Мир, 1984.

Об авторах

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

Онучина Наталья Викторовна. Младший научный сотрудник научно-исследовательского отдела, канд. биол. наук.

Кузнецовский Андрей Владимирович. Начальник отдела планирования научно-исследовательских работ – заместитель начальника научно-исследовательского центра по научно-исследовательской работе, канд. биол. наук.

Сойбанов Владимир Дмитриевич. Младший научный сотрудник научно-исследовательского отдела.

Контактная информация для всех авторов: 23527@mil.ru

Контактное лицо: Онучина Наталья Викторовна; 23527@mil.ru

The Production of the Recombinant Protein of Anthrax Bacteriolysine PlyPH and In Vitro Study of the Lytic Properties of the Protein Coded for them Against *Bacillus anthracis* Microbial Cells

N.V. Onuchina, A.V. Kuznetsovskiy, V.D. Soybanov

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

The causative agent of anthrax - *Bacillus anthracis*, due to the prevalence of its natural foci in Russia, high virulence for humans and most mammals, the unique resistance of spore forms to environmental factors and repeated use in terrorist acts, is an extremely dangerous biological agent. Therefore, the search for new effective drugs for the diagnosis and treatment of anthrax, including diseases caused by antibiotic-resistant strains of *B. anthracis* is necessary. The use of lytic enzymes of species-specific bacteriophages is a new trend in the diagnosis, prevention and treatment of infectious diseases. The goal of this work is the cloning of the anthrax bacteriolysin *PlyPH* gene as part of the pTrcHis2C vector in *Escherichia coli* and the *in vitro* study of the lytic properties of the protein encoded by it against *B. anthracis* microbial cells. According to the complete sequencing of the *B. anthracis* genomes of the Ames, Stern 34F2 and JB17 strains, a prophage was found in their chromosomal DNA, which lost part of the structural genes necessary for its replication, but retained a gene with a high degree of homology with the bacteriolysin γ phage gene. For amplification and subsequent cloning of the *PlyPH* gene, we developed primers containing *EcoRI* and *BamHI* restriction enzyme recognition sites. Amplification of the *PlyPH* gene in a polymerase chain reaction (PCR) with a developed pair of primers was performed using the Stern 34F2 strain of the anthrax microbe as a template. Based on the obtained amplification products and the pTrcHis2C vector, we constructed a recombinant plasmid containing the bacteriolysin synthesis *PlyPH* gene and stably functioning in the cells of the recombinant *E. coli* strain. In the course of research, it has been established that microbial cells of the *E. coli* recombinant TOP10 strain provide for the production of the bacteriolysin of the anthrax prophage, *PlyPH*, which has the ability to *in vitro* lyse the vegetative cells of the STI-1 vaccine strain of *B. anthracis*.

Keywords: *Bacillus anthracis*; vector pTrcHis2C; cloning; anthrax bacteriolysin PlyPH, anthrax prophage, anthrax.

For citation: Onuchina N.V., Kuznetsovskiy A.V., Soybanov V.D. The Production of the Recombinant Protein of Anthrax Bacteriolysine PlyPH and In Vitro Study of the Lytic Properties of the Protein Coded for them Against *Bacillus anthracis* Microbial Cells // *Journal of NBC Protection Corps*. 2019. V. 3. № 1. P. 15–22.

Conflict of interest statement

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

Peer review information

The article has been peer reviewed by two experts in the respective field. Peer reviews are available from the Editorial Board.

References

1. Burgasov P.N., Cherkasskii B.L., Marchuk L.M. et al. *Sibirskaya iazva [Anthrax]*. Moscow: Medicine Publ., 1970 (in Russian).
2. Onishchenko G.G., Vasil'ev N.T., Litsov N.V. et al. *Sibirskaya iazva: aktual'nye aspekty mikrobiologii, epidemiologii, kliniki, diagnostiki, lecheniya i profilaktiki [Anthrax: Actual Aspects of Microbiology, Epidemiology, Clinic, Diagnosis, Treatment and Prevention]*. Moscow: VUNMTs MZ RF Publ., 1999 (in Russian).
3. Onishchenko G.G. Infectious diseases - the most important factor of biohazard. *Epidemiologiya i infeksionnye bolezni [Epid. Infect. Diseases]*, 2003. no. 3. P. 4–16 (in Russian).
4. Onishchenko G.G., Fedorov Iu.M., Tikhonov N.G. et al. Counteracting bioterrorism as a new problem in epidemiology. *Epidemiologiya i infeksionnye bolezni [Epid. Infect. Diseases]*, 2003, no. 2, P. 4–6 (in Russian).
5. Inglesby T.V., Henderson D., Bartlett J.G. et al. Anthrax as a biological weapon. Updated recommendations for management // *JAMA*. 2002. V. 287. P. 2236–2252.
6. Pile J.C., Malone J.D., Eitzen E.M. et al. Anthrax as a potential biological warfare agent // *Arch. int. Med.* 1998. V. 158. P.429–434.
7. Young R. Bacteriophage lysis: mechanism and regulation // *Microbiol. Rev.* 1992. V. 56, No. 3. P. 430–481.
8. Cheng Q., Nelson D., Zhu S. et al. Removal of group B streptococci colonizing the vagina and oropharynx of mice with a bacteriophage lytic enzyme // *Antimicrobial Agents and Chemotherapy*. 2005. V. 49, No. 1. P. 111–117.
9. Jado I., Lopez R., Garcia E. et al. Phage lytic enzymes as therapy for antibiotic-resistant *Streptococcus pneumoniae* infection in a murine sepsis model // *Antimicrobial Agents Chemotherapy*. 2003. V. 52, No. 6. P. 967–973.
10. Schuch R., Nelson D., Fischetti V.A. A bacteriolytic agent that detects and kills *Bacillus anthracis* // *Nature*. 2002. V. 418, No. 22. P. 884–888.
11. Yoong P., Schuch R., Nelson D., et al. PlyPH, a Bacteriolytic enzyme with a broad pH range of activity and lytic action against *Bacillus anthracis* // *J. Bacteriol.* 2006. V. 188, No. 7. P. 2711–2714.
12. Maniatis T., Fritsch E., Sambrook J. *Molecular Cloning*. Transl. from Eng. Moscow: Mir Publ., 1984 (in Russian).

Authors

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

Natalia Viktorovna Onuchina. Junior Researcher of Scientific and Research Department. Candidate of Biological Sciences.

Andrey Vladimirovich Kuznetsovskiy. Chief of the Department of Planning Research Projects –Deputy Chief of the Scientific and Research Center for Scientific Research. Candidate of Biological Sciences.

Vladimir Dmitrievich Soybanov. Junior Researcher of Scientific and Research Department.

Contact information for all authors: 23527@mil.ru

Contact person: Onuchina Natalia Viktorovna; 23527@mil.ru

Токсические свойства тритерпеновых гликозидов голотурий

Д.Л. Аминин, В.И. Калинин

Тихоокеанский институт биоорганической химии им Г.Б. Елякова ДВО РАН
(ТИБОХ ДВО РАН), Проспект 100-летия Владивостока, д. 159,
г. Владивосток, 690022, Российская Федерация

Поступила 17.01.2019 г. Принята к публикации 01.03.2019 г.

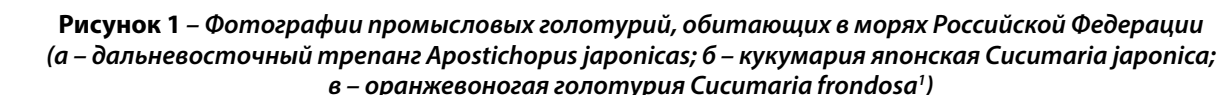
Голотурии (или морские огурцы) – распространенные во всех районах мирового океана животные, относящиеся к типу иглокожих. Они продуцируют низкомолекулярные метаболиты – тритерпеновые гликозиды, являющиеся их средством химической защиты от морских хищников. Тритерпеновые гликозиды голотурий высокотоксичны. В экспериментах на различных типах клеток и клеточных линиях они проявляют гемолитическую, иммунотоксическую, цитотоксическую, эмбриотоксическую и нейротоксическую активности в диапазоне концентраций 1×10^{-4} – 1×10^{-6} М. По токсичности для экспериментальных животных при внутривенном или внутрибрюшинном введении некоторые из них сопоставимы с боевыми отравляющими веществами, например, с сернистым ипритом. В основе токсических свойств гликозидов лежит способность к взаимодействию с Δ^5 -стеринами (главным образом, с холестерином) плазматических мембран и формированию ион-проводящих комплексов. В свою очередь это ведет к изменению ионной проницаемости и избирательности биомембран, нарушению барьерных свойств, ионного гомеостаза и осмолярности клеток, а далее к лизису клеток и их гибели. Содержание тритерпеновых гликозидов в тканях голотурий может достигать значительного количества – до 1 г/кг. Особенно много таких соединений локализовано в кювьеровых трубчатках – специальных органах защиты, которые имеются у большинства видов тропических голотурий. Для России тритерпеновые гликозиды голотурий представляют еще не оцененную должным образом биологическую опасность, так как голотурии являются промысловыми животными и широко используются как пищевые продукты, для приготовления лечебных добавок и лекарственных препаратов. Попадание токсичных тритерпеновых гликозидов на кожу и слизистые глаз способно вызвать местные поражения, проникновение в кровоток человека, может привести к лизису эритроцитов крови, подавлению его иммунитета к инфекционным агентам. Контроль качественного и количественного содержания гликозидов в пищевых и лечебных продуктах из голотурий и определение структур этих гликозидов должен быть составной частью мер по повышению биологической безопасности граждан Российской Федерации.

Ключевые слова: гемолитическая активность; голотурии; иммуномодулирующие свойства; мембранотропные свойства; нейротоксические свойства; токсические свойства; тритерпеновые гликозиды; цитотоксическая активность.

Библиографическое описание: Аминин Д.Л., Калинин В.И. Токсические свойства тритерпеновых гликозидов голотурий // Вестник войск РХБ защиты. 2019. Т. 3. № 1. С. 23–39.

Голотурии (морские огурцы), принадлежащие к классу Holothuroidea, относятся к типу иглокожие (Echinodermata), в который, кроме них, входят еще морские ежи, морские звезды, офиуры (змеехвостки) и морские лилии.

Голотурии встречаются во всех районах мирового океана, включая моря Российской Федерации. Класс Holothuroidea по общепризнанной классификации разделяют на пять отрядов: Dendrochirotrida (Древовиднощупальцевые), Aspi-



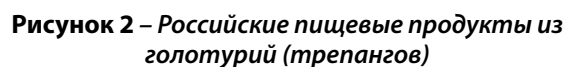
dochirotida (Щитовиднощупальцевые), Elapipodida (Боконогие), Molpadida (Боченкообразные), Synaptida (Безногие), насчитывающих около 1100 видов [1]¹. Некоторые из них съедобны, считаются деликатесом во многих странах мира и имеют высокую коммерческую ценность, поэтому являются объектом интенсивного пищевого промысла в странах Юго-Восточной Азии, Канаде, США и Российской Федерации. Особенно высоко пищевые продукты из голотурий ценятся в Китае и Японии, где им традиционно приписывают общеукрепляющие и тонизирующие свойства [3, 4]. В то же время упускается из виду то обстоятельство, что голотурии продуцируют токсичные низкомолекулярные метаболиты – тритерпеновые гликозиды, являющиеся их средством химической защиты от морских хищников. Цель работы – анализ токсических свойств тритерпеновых гликозидов голотурий.

Химические свойства тритерпеновых гликозидов. Голотурии – животные с кожистым и удлинённым мягким телом, утратившие скелет в ходе эволюции. Поэтому для любого морского хищника они представляли бы лакомую добычу, если бы эволюция не позаботилась снабдить их химическим механизмом самообороны – способностью продуцировать токсические метаболиты. У разных видов голотурий эта способность выражена в разной степени [5–8] (рисунки 1 и 2).

Тритерпеновые гликозиды голотурий – природные низкомолекулярные соединения, химическая структура которых состоит из двух частей – тритерпенового агликаона и углеводной цепи, соединенной с агликоном О-гликозидной связью. В большинстве случаев тритерпеновые гликозиды голотурий имеют агликоны ланостановой природы с 18(20)-лактоном, в основе струк-

туры которых лежит голостан, поэтому они относятся к голостановому ряду соответственно [9]. Но начиная с 1980-х гг., благодаря интенсивным поисковым структурным исследованиям, в голотуриях стали обнаруживать и новые структурные типы агликонов [10–12].

Углеводная цепь тритерпеновых гликозидов голотурий может быть либо линейной, либо разветвленной. В свою очередь в состав углеводных цепей могут быть включены до шести различных моносахаридных остатков (пентоз и гексоз) и от одной до трех сульфатных групп. Обычно моносахаридный состав включает D-ксилозу, D-хиновою, D-глюкозу, 3-O-метил-D-глюкозу и 3-O-метил-D-ксилозу. Химическая структура одного из первых изученных тритерпеновых гликозидов голотурий – голотурина А с установленной полной структурой представлена на рисунке 3. Разно-



¹ Существуют и более современные классификации, основанные, например, на результатах геносистематики, включающие значительно большее количество отрядов [2]. Но таксономия глотурий не является объектом данного исследования.

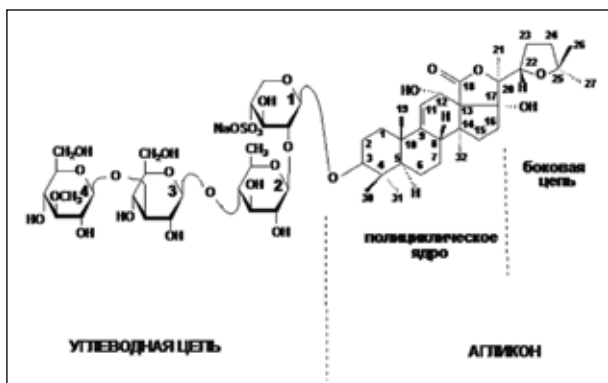


Рисунок 3 – Структура голотурина А из голотурии *Holothuria leucospilota* [13]

(Позиционные номера в агликоне соответствуют конкретным атомам углерода. Номера в углеводной цепи, присоединенной к С-3 агликона, обозначают положения моносахаридных остатков относительно агликона (1 – остаток ксилозы, сульфатированной по положению С-4; 2 – остаток хиновозы (6-дезоксиглюкозы); 3 – остаток глюкозы; 4 – остаток 3-О-метилглюкозы. Все моносахаридные остатки относятся к D-ряду, находятся в пиранозной форме, и имеют β -конфигурации гликозидных центров)

образе структур тритерпеновых гликозидов представлено на рисунке 4.

Количественное содержание тритерпеновых гликозидов в тканях голотурий. В России только четыре вида голотурий считаются съедобными – трепанг (*Stichopus japonicus*) и два вида кукумарии (*Cucumaria japonica* и *Cucumaria okhotensis*), обитающие в дальневосточных морях, а также вид кукумарии (*Cucumaria frondosa*) из Баренцева и Белого морей. Вылов трепанга в настоящее время полностью запрещен, он доступен только как продукция марикультурных хозяйств. В то же время кукумарию официально добывают в широких масштабах и производят из нее ряд пищевых продуктов. Содержание тритерпеновых гликозидов в этих голотуриях невелико; мышечная ткань содержит порядка 2,4–3,3 мг/кг от общей массы тела, внутренности содержат несколько меньшее количество гликозидов (0,6–1,6 мг/кг) [14]. Гликозиды неравномерно распределены по различным органам и тканям голотурий в зависимости от сезона. Например, у трепанга наибольшее количество гликозидов отмечается в гонадах самок, причем оно резко, в десятки раз, возрастает в гонадах в период нереста этих животных в июле, что может быть связано с участием этих соединений в процессах репродукции [15, 16]. У тропических голотурий содержание гликозидов в тканях гораздо выше и может достигать, как, например, у голотурии *Holothuria scabra*, до 1 г/кг [17].

Токсические свойства тритерпеновых гликозидов голотурий. Одним из наиболее

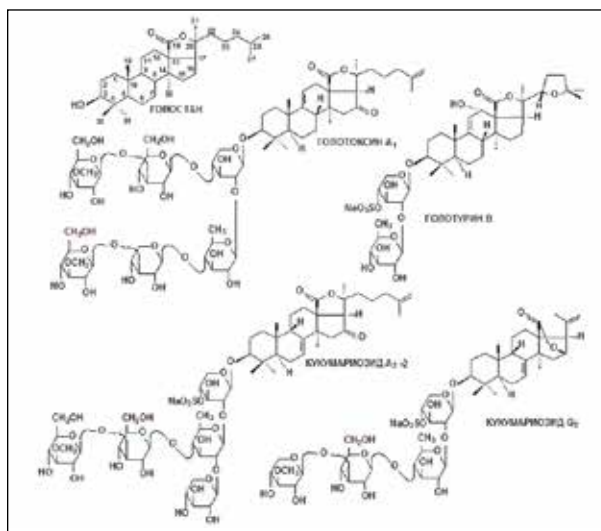


Рисунок 4 – Примеры структурного разнообразия тритерпеновых гликозидов голотурий [18, 33–35]

(Голостан – модельное ланостановое производное с 18(20)-лактоном, лежащее в основе большинства токсичных тритерпеновых гликозидов голотурий. Голотоксин А₁ – тритерпеновый несulfатированный гликозид, содержащий шесть моносахаридных остатков в разветвленной по первому моносахариду углеводной цепи; характерен преимущественно для голотурии *Apostichopus japonicus* (дальневосточный трепанг) и других северо-тихоокеанских представителей семейства *Stidhopodidae*. Голотурин В – сульфатированный тритерпеновый гликозид с двумя моносахаридными остатками, в боковой цепи содержит 22,25-эпокси группу; характерен для голотурий родов *Holothuria*, *Actinopurga* и *Pearsonothuria*. Кукумариозид А₂-2 – сульфатированный разветвленный гликозид с пятью моносахаридными остатками; характерен для голотурии *Cucumaria japonica* (кукумария японская). Кукумариозид G₂ – минорный малотоксичный гликозид, неголостановой природы, агликон которого содержит 18(16)-лактон вместо 18(20)-лактона и терминальную 3-О-метилксилозу вместо 3-О-метилглюкозы, характерных для большинства голотурий; обнаружен в голотуриях *Eupentacta fraudatrix* (кукумария обманщица) и *Pentamera calcigera*)

ранних задокументированных наблюдений проявления биологической активности тритерпеновых гликозидов голотурий является описание их икhtiотоксичности. Хорошо известно, что коренное население Гуама, Маршалловых островов и других регионов тропической зоны Тихого и Индийского океанов использовало некоторые виды голотурий, которых разрезали на куски и бросали в воду для «усыпления», обездвиживания и ловли рыбы в мелких морских лагунах, образующихся во время отлива. В

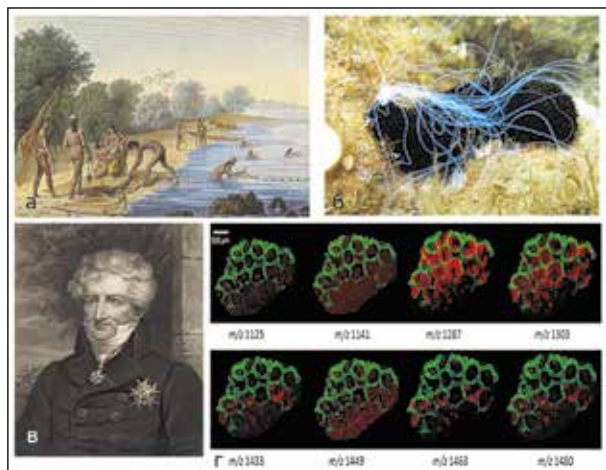


Рисунок 5 – Использование ихтиотоксичности голотурий для «усыпления», обездвиживания и ловли рыбы в мелких морских лагунах [20, 22] (Ловля рыбы на Гуаме коренными жителями чаморро (а); голотурия *Holothuria forskali*, выпустившая трубки токсичных кьюьеровых органов (б); знаменитый французский натуралист Жорж Кювье, по имени которого названы кьюьеровы органы (в) и изображения локализации серии тритерпеновых гликозидов (г), имеющих различные значения m/z (выделены красным цветом), на гистологических поперечных срезах кьюьеровых трубок голотурии *Holothuria forskali*, полученные методом MALDI-визуализации)

качестве таких средств рыболовства использовали в основном голотурии *Bohdschia argus* и *Holothuria atra* [18, 19]. Такой способ добычи рыб представлен на рисунке 5.

Многие голотурии имеют специальные органы активной защиты, так называемые кьюьеровы трубочки, содержащие высокие концентрации тритерпеновых гликозидов. Кьюьеровы органы или кьюьеровы трубочки – внутренний орган у некоторых голотурий (главным образом представителей отряда щитовиднощупальцевых, *Aspidochirotida*), имеющий вид длинных полых нитей. Кьюьеровы органы могут выбрасываться наружу. Кьюьеровы трубочки – уникальный орган, который не встречается у других животных. Название этот орган получил по имени знаменитого французского натуралиста Жоржа Кювье (Jean Léopold Nicolas Frédéric Cuvier, 1769–1832), подробно описавшего внутреннее строение иглокожих.

Кьюьеровы органы прикрепляются к основанию водных легких и обычно имеют вид трубочек, стенки которых образованы

сложенными в виде сжатой пружины волокнами. Снаружи эта спираль покрыта защитным чехлом из тонкой мембраны. Многие голотурии в случае сильного внешнего раздражения выбрасывают кьюьеровы органы через анальное отверстие. При раздражении голотурии вода из водных легких нагнетается в кьюьеровы трубочки и они, пробивая стенку клоаки, выбрасываются наружу. Нити кьюьеровых органов, соприкасаясь с водой, мгновенно набухают, удлиняясь и становясь исключительно клейкими. Выброшенные органы принимают вид длинных нитей, обычно белого цвета, которые обволакивают врага, лишая его подвижности (особенно это эффективно против крабов или хищных брюхоногих моллюсков). Кроме того, они могут оказывать отравляющее воздействие на врага, поскольку содержат высокие концентрации токсичных тритерпеновых гликозидов, поражающих дыхательную систему хищников. Например, у голотурии *Actinopyga echinites* содержание гликозидов в стенках тела колеблется в пределах 25 мг/кг, в то время как в кьюьеровых органах этой голотурии оно достигает 278 мг/кг сырой ткани [20]. Они могут быть опасны даже для человека, поскольку в высоких концентрациях могут вызвать токсические поражения глаз, что иногда встречается у ныряльщиков, совершающих погружения без очков или масок в местах с высокой численностью голотурий [21].

Недавно с помощью методов MALDI-MS² и MALDI-IMS³ было показано, что голотурия *H. forskali* содержит порядка 26 тритерпеновых гликозидов, идентифицируемых по их значениям m/z и локализованных, главным образом, в эпидермисе и мезотелии стенки тела и кьюьеровых трубках животного. В тот момент, когда голотурии подвергались внешнему раздражению (стрессу) и выбрасывали кьюьеровы органы в воду, эти соединения высвобождались в окружающую среду, оказывая токсическое и отпугивающее действие на хищников [20, 22] (см. рисунок 5).

Эти наблюдения привели к исследованию, прежде всего, ихтиотоксических свойств водных экстрактов голотурий по отношению к морским обитателям [23–25]. Скрининг биологической активности позволил установить наличие ихтиотоксических веществ в 30 видах морских огурцов, принадлежащих к четырем различным отрядам [24, 25], причем экстракты из голотурий *Actinopyga agassizi* [26]

² Matrix Assisted Laser Desorption/Ionization Mass-spectrometry (Матрично-активированная лазерная десорбционная/ионизационная масс-спектрометрия).

³ Matrix Assisted Laser Desorption/Ionization Imaging Mass-spectrometry (Матрично-активированная лазерная десорбционная/ионизационная визуализационная масс-спектрометрия).

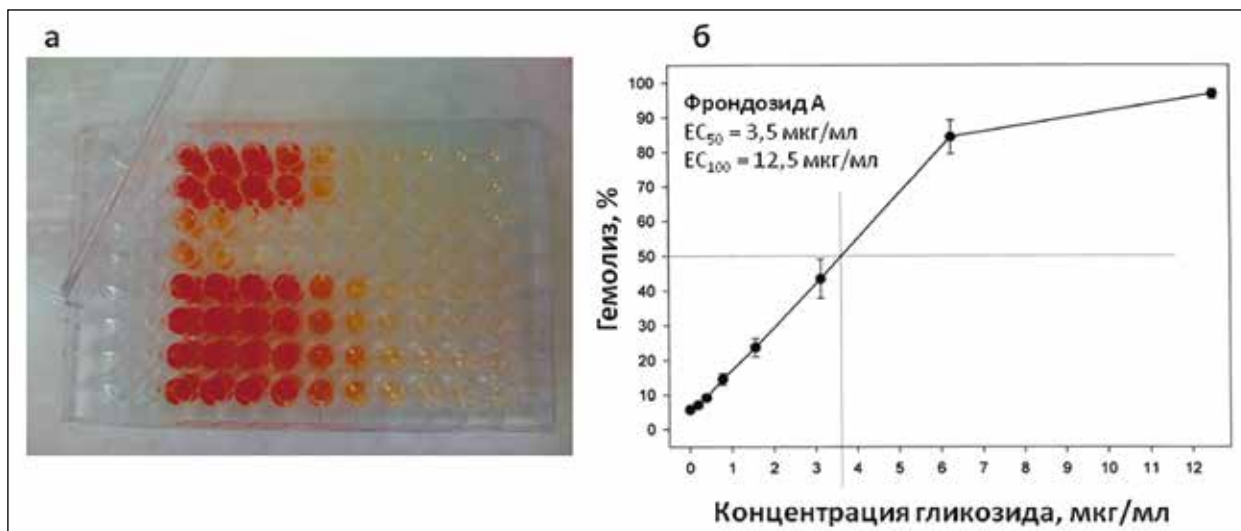


Рисунок 6 – Определение гемолитической активности тритерпеновых гликозидов [69]
(а – спектрофотометрическое определение концентрации гемоглобина, высвободившегося в результате гемолиза крови, с помощью ридера в 96-луночных планшетах; б – установление эффективных концентраций гемолитического действия гликозидов на примере фрондозид А из голотурии *Cucumaria frondosa*)

и *Holothuria leucospilota* (*H. vagabunda*) [24] были исследованы одними из первых. Установлено, что водные экстракты этих голотурий содержат фракции гликозидов, получивших название «голотурин».

На основании проведенного гистологического анализа было сделано заключение, что гибель рыб под воздействием фракций гликозидов наступает в результате повреждения и разрушения капилляров кровеносной системы в жабрах. У некоторых голотурий, например, *Actinopyga agassizi*, «голотурин» в кювьеровых органах достигает довольно высокой концентрации. Одна унция экстракта из кювьеровых органов этой голотурии, разведенная в 750 галлонах воды (27 г/2850 л), убивала рыбу за 23 мин [21].

Впоследствии были определены летальные дозы «голотурина» для целого ряда различных животных, включая дождевых червей, лягушек и мышей. ЛД₅₀⁴ для мышей через 24 ч после введения «голотурина» были 0,75; 70 и 400 мг/кг при внутривенном, подкожном и пероральном способах введения соответственно [24], что вполне сопоставимо с токсичностью сернистого иприта⁵. В более поздний период была определена острая токсичность фракции гликозидов экстракта кукумари *Cucumaria japonica*, названной «кукумариозид». Для мышей ЛД₅₀ составила

10 мг/кг при внутрибрюшинном способе введения [27].

Гемолитическая активность гликозидов голотурий. При исследовании биологической активности гликозидов голотурий на клетках теплокровных животных R.F. Nigrelli и T. Yatapouchi впервые показали, что гликозидная фракция «голотурин» вызывает гемолиз эритроцитов кролика, причем эффективность гемолитического действия «голотурина», оцениваемая по гемолитическому индексу (НИ), была почти в 7 раз больше, чем у «сапони-на», представляющего собой смесь тритерпеновых гликозидов растительного происхождения [24, 25, 28]. Гемолитический индекс (НИ) – это наименьшая концентрация вещества, которая вызывает полный гемолиз эритроцитов, который оценивается спектрофотометрически по концентрации гемоглобина. Количественное определение тритерпеновых гликозидов гемолитическим методом основано на предположении, что гемолитическое действие прямо пропорционально количеству вещества в растворе. В последнее время широкое распространение получил метод спектрофотометрического определения концентрации гемоглобина, высвободившегося в результате гемолиза эритроцитов, с помощью ридеров планшетного формата и подсчет полумаксимальной

⁴ ЛД₅₀ (полулетальная доза, также DL₅₀ (также LD₅₀, lethal dose) — средняя доза вещества, вызывающая гибель половины членов испытываемой группы. Один из наиболее широко применяемых показателей опасности ядовитых и умеренно токсичных веществ.

⁵ При подкожном введении летальная доза сернистого иприта 40–60 мг/кг массы (Франке Э. Химия отравляющих веществ. М., 1973. С. 166).

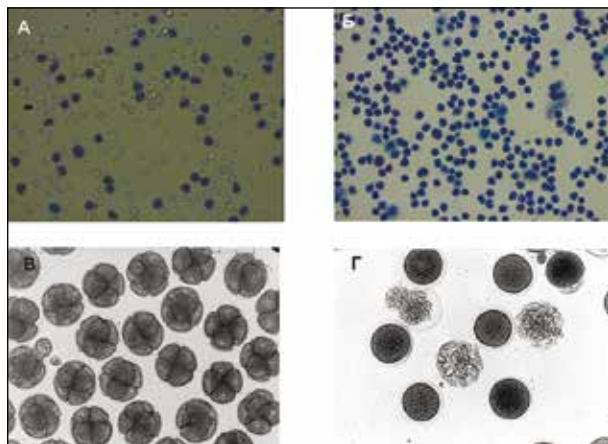


Рисунок 7 – Цитотоксическая и эмбриотоксическая активность тритерпеновых гликозидов в отношении иммунных клеток мыши и развивающихся эмбрионов морского ежа под действием кукумариозида A_2 -2 [70]

(На микрофотографии 50%-ная (А) и 100%-ная (Б) гибель иммунных клеток, определяемая окрашиванием красителем трипановый, и блокировка деления и лизис бластомеров эмбрионов морского ежа (Г). В – контрольные эмбрионы)

эффективной концентрации (EC_{50}) гликозида⁶ (рисунок 6).

Гемолитическое действие «голотурина» наблюдали не только в экспериментах *in vitro* при тестировании препарата в суспензии эритроцитов, но и *in vivo* после введения препарата в лимфатические сосуды лягушки *Rana pipiens*. В этом случае наблюдаемый гемолиз сопровождался интенсификацией кроветворной активности [28].

Было установлено, что гемолитическая активность различных гликозидных фракций различается в зависимости от видов голотурий, из которых эти фракции получены. Так, при исследовании гликозидных фракций из обитающих в филиппинских водах голотурий *H. fuscocinerea*, *H. pulla*, *A. lecanora* и *Opheodesota grisea* было показано, что степень гемолиза эритроцитов, вызываемого этими фракциями, не одинакова. Наименьшим гемолитическим индексом отличалась гликозидная фракция из голотурии *O. grisea* [30].

Наличие коллекции индивидуальных тритерпеновых гликозидов и их производных с установленной химической структурой позволило провести детализированное изучение взаимосвязи между структурой и гемолитической активностью этих соединений [31]. Анализ проводили на большой серии гликозидов из

голотурий отряда Dendrochirotida: кукумариозиды G_1 , G_2 и Н и их производные из голотурии *Eupentacta fraudatrix*, фрондозид А из *C. frondosa*, кукумариозид A_4 -2 и его производные из *C. japonica*. Установлено, что в зависимости от химической структуры, полумаксимальная гемолитическая активность данных соединений (EC_{50}) варьировала от $0,10 \times 10^{-6}$ М до $1,12 \times 10^{-5}$ М. Обнаружено, что степень гемолиза, вызываемого гликозидами, определяется как химической структурой агликонной части молекулы, так и углеводной цепи, и имеет довольно сложную зависимость. Прежде всего, одним из ключевых требований для проявления активности является наличие 18(20)-лактона в агликоне. В структуре углеводной цепи важными показателями в проявлении высокой гемолитической активности является присутствие линейного тетрасахаридного фрагмента. Например, пентасахаридные производные (пентаозиды) с разветвлением у второго моносахаридного остатка менее активны, чем тетраозиды.

Достаточно сложное влияние на гемолитическую активность гликозидов из голотурий рода Dendrochirotida оказывают сульфатные группы. Так, присутствие сульфатной группы при С-4 первого остатка ксилозы является несущественным в проявлении активности, в то время как десульфатирование при первой ксилозе биозидов существенно снижает степень гемолиза, вызываемого такими гликозидами. Более детальное исследование роли сульфатных групп в проявлении гемолитических свойств было проведено для другой группы гликозидов, выделяемых из голотурий рода Dendrochirotida: псолюзозид А из *Psolus fabricii* и его десульфатированного производного, кукумариозидов A_2 -2, A_6 -2, A_3 , A_7 -1, A_4 -2, A_7 -3 и ряда их десульфатированных производных из голотурии *C. japonica* [32]. Благодаря этим исследованиям, в которых анализ кинетики гемолиза сопровождался оценкой выхода K^+ из эритроцитов мыши, было выяснено, что присутствие сульфатной группы в различных моносахаридных остатках может приводить как к увеличению гемолитической активности, так и к ее снижению.

Цитотоксическая активность тритерпеновых гликозидов. Цитотоксическая активность гликозидов голотурий против различных типов клеток и клеточных линий, в том числе линий опухолевых клеток человека, изучалась в течение многих лет. Эти исследования показали, что тритерпеновые гликозиды могут

⁶ EC_{50} или полумаксимальная эффективная концентрация (half maximal effective concentration, EC_{50}), относится к концентрации лекарственного средства, антитела или токсиканта, которая вызывает ответную реакцию, равную половине максимального возможной. EC_{50} выражается в мольных единицах (М), где 1 М эквивалентен 1 моль/л.

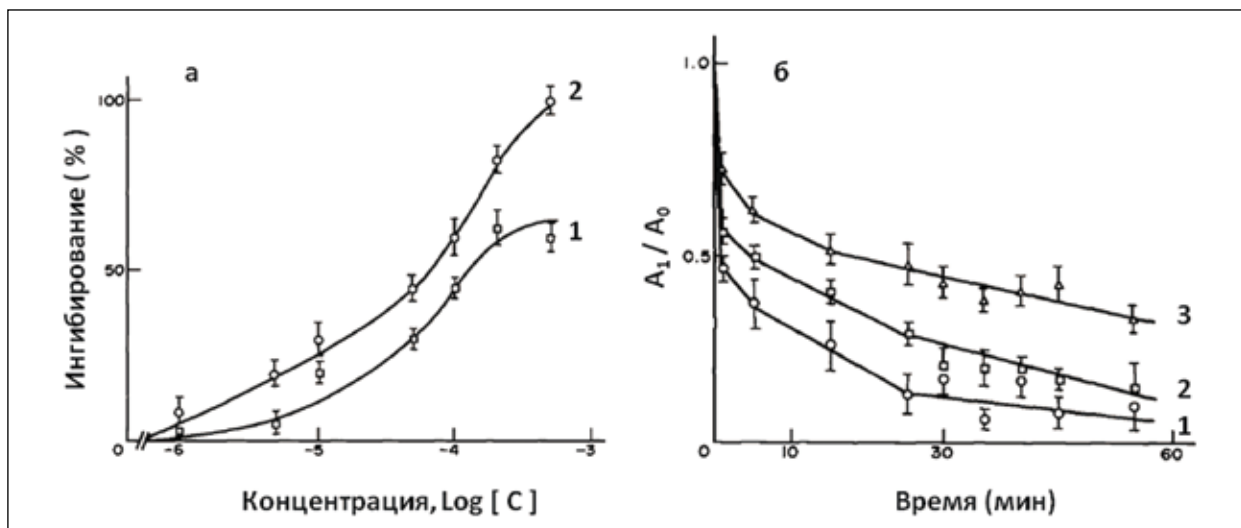


Рисунок 8 – Ингибирование активности Na^+/K^+ -АТФазы микросомальной фракции мозга крыс тритерпеновыми гликозидами голотурий [46]
(Зависимость степени ингибирования от концентрации гликозида (а) и времени инкубирования (б).
1 – боадиозид А; 2 – стихопозид С; 3 – астихопозид С)

подавлять рост патогенных грибов, блокировать дробление яйцеклеток и развитие эмбрионов морского ежа, подавлять пролиферацию в различных типах опухолевых клеток человека *in vitro*, включая такие как: клетки лейкемии P-388, KB, клетки лимфоидной лейкемии L 1210, Schabel, A-549, HT-29, Mel-28, MCF-1, IA9, CAKI-1, U-87-MG, PC-3, SK-MEL, HCT-8, MCF-7, MKN-28, HCT-116, U87MG, HepG2, HeLa, THP-1, KB-VIN, HCT-8, C33A и ряд других [18, 33–35] (рисунок 7).

Тритерпеновые гликозиды голотурий проявляют неселективную цитотоксическую активность. Практически для всех типов клеток EC_{50} большинства гликозидов находится в микромолярном диапазоне концентраций. Кроме того, гликозиды голотурий оказывают антиангиогенный эффект и вызывают блокировку клеточного цикла различных типов клеток. Некоторые гликозиды могут индуцировать апоптоз опухолевых клеток *in vitro*. Установлено, что применение ряда гликозидов голотурий ведет к индукции апоптоза в опухолевых клетках, подавлению миграции, адгезии, формированию цитоскелета опухолевых клеток, супрессии ангиогенеза вокруг опухолей, ингибированию пролиферации и выраженному торможению роста опухолей *in vitro* и *in vivo*, что уже нашло свое отражение в интенсивном изучении ряда гликозидов голотурий в качестве потенциальных противоопухолевых средств [35].

Нейротоксические свойства тритерпеновых гликозидов. Практически все научные исследования, связанные с изучением нейротоксических свойств гликозидов голотурий,

были проведены с использованием гликозидной фракции «голотурин» и ее основного компонента – «голотурин А». В работе S.L. Friess с соавт. [36, 37] было показано, что голотурин А необратимо блокирует нервно-мышечную передачу в седалищных нервных волокнах лягушки и нервах, иннервирующих диафрагму крысы и кошки. По эффективности действия эффект голотурина А оказался сопоставим с такими блокаторами, как прокаин, физостегмин и кокаин, но его действие было необратимо при концентрации 10^{-5} М. Этот препарат блокировал эффект подергивания в случае прямого стимулирования мышц и непрямого стимулирования нерва. В более низких концентрациях (10^{-7} М) это влияние становилось обратимым [36]. Эти же авторы провели сравнительное исследование нейротоксического действия голотурина А и его десульфатированного производного [37–39].

При действии на различные периферические нейромускульные рецепторы оба вещества вызвали необратимую инактивацию возбуждения в экспериментах как *in vitro*, так и *in vivo*. Причем действующая концентрация голотурина А была на порядок ниже, чем у его десульфатированного производного [39].

Влияние «голотурина» на мембранный потенциал и мембранную проводимость аксона гигантского кальмара было изучено в работах R.C. De Groof и T. Narahashi [40]. Действие этого препарата на внешнюю сторону интактного аксона при концентрации 2×10^{-4} М вызывало необратимую деполяризацию, в то время как мембранный потенциал приближался к нулю. Был предложен вероятный механизм деполяризации мембран, основанный

на вызываемом гликозидом увеличении проницаемости мембран для Na^+ .

Установлено, что «голотурин» (2×10^{-4} М) необратимо блокировал ответ в стимулированных клеточных препаратах электрического угря *Electrophorus electricus* [41], а также вызывал необратимую деполяризацию клеточных мембран. Такое действие гликозида на потенциал покоя авторы объяснили влиянием на трансмембранный перенос ионов K^+ . В свое время C.D. Ruggieri и R.F. Nigrelli [42] отметили, что голотурин А увеличивает время проводимости через атриовентрикулярный узел и уменьшает скорость спонтанно сокращающихся клеток Пуркинье. В связи с этим авторы предложили применять голотурин А для воздействия на синусный узел в случае аритмии и тахикардии.

Для производного гризеогенина (вероятно, голотурин A_1) из голотурии *Holothuria florida* была показана выраженная дозозависимая гипотермическая активность [43]. Механизм этой активности не изучали, однако существует предположение, что гипотермия может быть связана с мембранотоксическими свойствами гликозидов и их деструктивным влиянием, наблюдаемом на возбуждаемых нервах и тканях [44].

Взаимодействие тритерпеновых гликозидов с биологическими мембранами. На начальном этапе исследования молекулярных механизмов цитотоксического действия тритерпеновых гликозидов усилия исследователей были сосредоточены на поиске мембранных мишеней. Ряд авторов связывал высокую цитотоксическую активность тритерпеновых гликозидов голотурий с влиянием гликозидов на различные ферментные комплексы, входящие в состав клеточных мембран.

Ингибирование Na^+/K^+ -АТФазы. В серии работ В.А. Gorshkov с соавт. [45–49] было установлено, что ряд тритерпеновых гликозидов голотурий способен ингибировать активность некоторых мембранных ферментов, главным образом АТФаз. Например было показано, что бохадшиозид А, бивиттозиды А и В, голотурины А и A_2 , кукумариозиды A_2 -2 и G_1 , псоллюозиды А и В, стихопозид С, апостихопозид С, теленотозид А и голотоксины A_1 и B_1 в концентрациях порядка 10^{-4} М необратимо ингибируют Na^+/K^+ -АТФазу микросомальной фракции мозга крыс на 40–60% (рисунок 8).

В этих же работах была обнаружена зависимость эффективности ингибирующего действия гликозидов от их химической структуры. Так, стихопозиды D и E, и теленотозид B, у которого отсутствует хиновоза в качестве второго моносахаридного остатка, обладали существенно более низкой активностью, ингибируя активность Na^+/K^+ -АТФазы только на 19–27%, а голотурин A_1 , содержащий гидроксильную группу в боковой

цепочке агликона, ингибировал активность фермента только на 16%. Кроме того, эти соединения оказывали существенное влияние на липидное окружение фермента, резко меняя микровязкость биомембран. Было высказано предположение, что механизм ингибирования активности фермента связан со способностью гликозидов образовывать комплексы с холестерином в липидном окружении АТФазы, что приводит к изменению конформации соответствующих белков.

Детальное исследование ингибирующей активности некоторых тритерпеновых гликозидов голотурий в отношении активности Na^+/K^+ -АТФазы было описано группой I. Kitagawa [50]. При изучении ингибирующей активности эхинозида А (голотурин A_2) и его производных было установлено, что отсутствие сульфатной группы и уменьшение числа моносахаридных остатков в гликозиде резко снижает его активность. Кроме того, было показано, что большой ряд изученных тритерпеновых гликозидов оказывал существенное влияние на липидное окружение фермента, резко меняя микровязкость биомембран, что также имело выраженное влияние на функционирование АТФазы. Так, было установлено, что в достаточно низких концентрациях – порядка 10^{-7} М – индивидуальный голотурин A_1 из голотурии *H. grisea* и серия гликозидов из кукумарины *S. japonica* ингибируют активность Ca^{2+} -АТФазы саркоплазматического ретикулума скелетной мышцы кролика без заметного изменения проницаемости мембран. Авторы этого исследования сделали заключение о том, что снижение ферментативной активности связано с взаимодействием гликозидов с белковыми компонентами мембран саркоплазматического ретикулума или с липидами ближайшего окружения Ca^{2+} -АТФазы [51].

Взаимодействие тритерпеновых гликозидов с холестерином мембран.

Выяснению точных молекулярных механизмов мембранолитического действия тритерпеновых гликозидов посвящено значительное количество исследований, большая часть которых была выполнена сотрудниками ТИБОХ ДВО РАН. При исследовании цитотоксических свойств тритерпеновых гликозидов голотурий прежде всего было отмечено, что практически все эти соединения проявляют выраженную антимикробную активность в отношении роста культур патогенных дрожжеподобных грибов, оставаясь полностью неэффективными по отношению к культивируемым бактериям [52, 53]. Оказалось, что существует прямая зависимость между количеством стероидов, содержащихся в биомембранах грибов, и эффективностью действия гликозидов. Известно, что клеточные стенки и мембраны бактерий (в отличие от биомембран дрожжеподобных

грибов) не содержат стерина. Именно этим фактом ряд авторов объясняет отсутствие антибактериального эффекта тритерпеновых гликозидов [54, 55].

Эти выводы были успешно подкреплены экспериментальными работами по включению экзогенного холестерина в состав липосомальных мембран и «обогащению» стеринного состава мембран опухолевых клеток путем их слияния с такими липосомами. Обнаружено, что увеличение концентрации холестерина клеточных мембран за счет введенного экзогенного холестерина значительно увеличивало цитотоксический эффект тритерпеновых гликозидов [56]. Причем уменьшение мембранотропной активности гликозидов голотурий в отношении различных биологических объектов при добавлении в инкубационную среду экзогенного холестерина является еще одним подтверждением того, что мембранотропное действие этих веществ основано на их способности образовывать комплексы со 5,6-ненасыщенными стеринами мембран.

Использование техники работы с различными биологическими и модельными липидными мембранами позволило сделать однозначное заключение, что механизм действия этих веществ связан с образованием в мембранах ионопроводящих структур. Был оценен вклад различных внешних условий, таких как температура, pH, ионный состав среды, а также вид биологической модели и стеринный состав, в изменение клеточной проницаемости под действием гликозидов.

Было выдвинуто предположение, что «рецепторами» тритерпеновых гликозидов в биологических мембранах являются 5,6-ненасыщенные стерины, главным образом холестерин. Установлено, что способность природных стеринов, входящих в состав мембран животных и растительных клеток, взаимодействовать с тритерпеновыми гликозидами падает в ряду: холестерин > β -ситостерин > стигмастерин > эргостерин [57, 58]. Использование липосом и бислойных липидных мембран (БЛМ) с установленным стеринным составом позволило более детально изучить стерин-зависимые мембранолитические свойства гликозидов. Применение метода микрокалориметрии для регистрации фазовых переходов в липидах при действии гликозида на многослойные липосомы в отсутствии и присутствии холестерина в липосомальных мембранах позволило впервые установить, что один из самых эффективных мембранолитиков – голотурин А, как и другие гликозиды голотурий, способны образовывать комплекс со стеринами, входящими в состав мембран липосом [59] (рисунок 9).

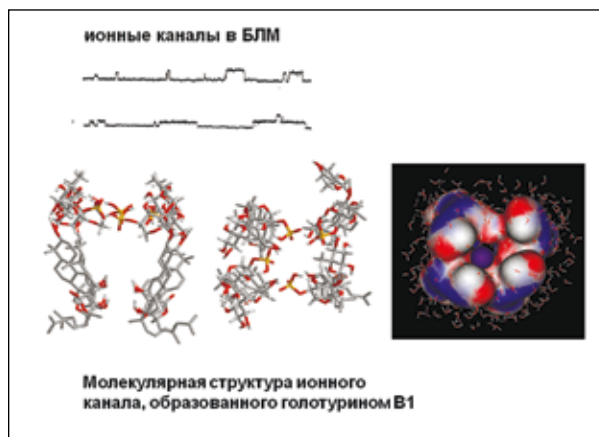


Рисунок 9 – Флуктуации тока через БЛМ из моно-алеина, содержащего 10% холестерина, в присутствии голотурина [60]
(Гипотетическая структура голотуринового канала из 4 субъединиц. Показан вид сбоку и сверху)

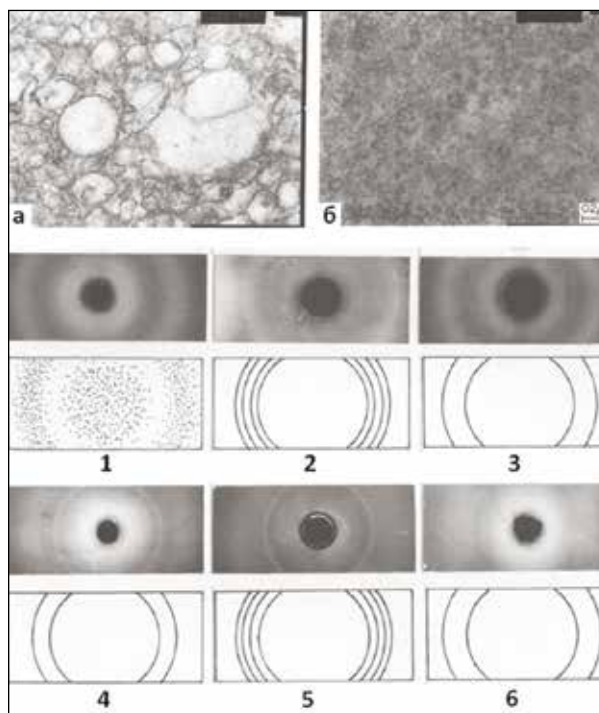


Рисунок 10 – Электронно-микроскопическое изображение мембранного препарата мозга крысы до (а) и после обработки раствором астихопозида С в концентрации 5×10^{-4} М в течение 15 мин [47]
(Рентгенограммы мембранного препарата мозга крысы, обработанного голотурином А₂ и астихопозидом С. 1 – контрольный препарат; 2 – препарат после обработки голотурином А₂; 3 – препарат после обработки астихопозидом С; 4 – модельный комплекс голотурин А₂-холестерин (1:1); 5 – модельный комплекс голотурин А₂-холестерин (1:3); 6 – модельный комплекс астихопозид С-холестерин (1:5))

Формирование комплекса гликозид-холестерин было также установлено с помощью электронной микроскопии и рентгеноструктурного анализа. Исследования мембранных препаратов мозга крыс выявило существенное уменьшение размера и объема везикул и фрагментов после обработки этих препаратов астихопозидом С благодаря формированию комплекса гликозид-холестерин. На рентгенограммах мембранного препарата клеток млекопитающих, обработанного голотурином А₂ и астихопозидом С, появлялись рефлексы, идентичные рефлексам модельного комплекса гликозид-холестерин и характерные для исследуемых гликозидов. Эти эксперименты явились прямым доказательством того, что тритерпеновые гликозиды голотурий взаимодействуют с мембранным холестерином и образуют с ним комплекс в мембранах клеток [47] (рисунок 10).

Было проведено систематическое изучение ион-селективных каналов и неселективных пор, образованных гликозидами различного строения в стеринсодержащих модельных и биологических мембранах. Показано, что в проявлении мембранолитической активности тритерпеновых гликозидов значительную роль играют строение агликона, степень окисленности боковой цепи и наличие различных функциональных групп в их структуре. Немаловажное значение имеют размер и строение углеводной цепи, а также наличие сульфатных, метильных и ацетатной групп в моносахаридных звеньях углеводной цепи. Установлено, что механизм изменения проницаемости клеточных и модельных мембран состоит в образовании ион-селективных каналов при действии низких концентраций гликозидов и неселективных водонаполненных пор при действии высоких концентраций, а свойства ионных каналов и пор, образованных в мембранах гликозидами, находятся в прямой зависимости как от структуры самих гликозидов, так и от структуры стерина [60, 61].

Основные принципы мембранотропного действия тритерпеновых гликозидов были сформулированы следующим образом: в основе мембранотропного и мембранолитического действия тритерпеновых гликозидов голотурий лежит их способность взаимодействовать с 5(6)-ненасыщенными стеринами биомембран или Δ^5 -стеринами, главным образом, с холестерином, и формировать с ними ион-проводящие комплексы. Формирование таких комплексов приводит к изменению ионной проницаемости и избирательности биомембран, нарушению барьерных свойств и изменению ионного гомеостаза и осмолярности клеток. В конечном

итоге, это приводит к лизису клеток и их гибели [62].

Устойчивость клеточных мембран в организме-продуценте. Сотрудниками ТИБОХ ДВО РАН было проведено исследование резистентности клеток голотурий к мембранолитическому действию собственных тритерпеновых гликозидов. На первых этапах было проведено сравнительное изучение количественного содержания тритерпенового гликозида, голотоксина А₁, в трепанге *Stichopus* (= *Apostichopus*) *japonicus*. Было обнаружено неравномерное распределение и сезонная зависимость количественного содержания гликозида в различных органах этой голотурии. В преднерестовый период в яйцниках со зрелыми яйцеклетками концентрация гликозида почти в 80 раз превышала содержание гликозида в остальных органах. Было установлено, что оплодотворенные яйцеклетки трепанга резистентны к действию мембранолитических концентраций как собственного голотоксина А₁, так и некоторых других тритерпеновых и стероидных гликозидов животного и растительного происхождения, в то время как эти гликозиды в микромолярных концентрациях блокировали деление яйцеклеток морского ежа *Strongylocentrotus nudus* и вызывали их лизис. Авторы доказали, что причиной устойчивости клеток голотурии к голотоксину А₁ является очень низкое содержание в клетках свободных Δ^5 -стеринов и наличие вместо них свободных Δ^7 -стеринов и станолов, сульфатированных Δ^5 -стеринов и β -ксилозидов Δ^7 -стеринов. В модельных экспериментах было продемонстрировано, что другой гликозид, кукумариозид G₁ из голотурии *E. fraudatrix*, не нарушал ионную проводимость БЛМ, сформированных из общих липидов этой голотурии, или если в состав БЛМ из яичного фосфатидилхолина входили стеринны из голотурии [62–64]. Недавно было получено новое подтверждение того, что именно изменение в стеринном составе мембран клеток голотурии *S. frondosa* является основной причиной устойчивости клеток организма-продуцента к мембранолитическому действию собственного тритерпенового гликозида фрондозид А [65]. Авторы подтвердили сделанные ранее выводы собственными экспериментами, аналогичными выполненными ранее российскими исследователями, а также показали методами молекулярного моделирования невозможность образования комплекса фрондозид А с мембранными 7,8-ненасыщенными стеринами, являющимися основными стеринами мембран голотурий.

Иммуномодулирующие свойства тритерпеновых гликозидов. Недавно было установлено, что тритерпеновые гликозиды голотурий в нетоксических наномолярных концентрациях проявляют иммуномодулирующие свойства, стимулируя, главным образом, клеточное звено иммунитета [66]. Молекулярный механизм им-

муностимуляции заключается в способности тритерпеновых гликозидов (в частности моносульфатированного кукумариозида A_2-2 из кукумарии японской) модулировать ионную проницаемость мембран иммунных клеток и Ca^{2+} -сигнализацию посредством взаимодействия со специфическими пуриnergическими рецепторами P2X семейства. Вследствие этого воздействия происходит запуск каскада внутриклеточных реакций, приводящих к иммуностимулирующему ответу клеток. Первым звеном в этом каскаде является активация Ca^{2+} -сигнального метаболического пути, инициирующая впоследствии увеличение экспрессии набора внутриклеточных белков-мишеней, участвующих в ключевых этапах физиологии иммуннокомпетентных клеток. Это приводит к усилению адгезии клеток и их пролиферации, формированию в них активных форм кислорода, увеличению лизосомальной активности, фагоцитоза и синтеза некоторых цитокинов. В конечном итоге происходит активирование всего клеточного звена иммунитета [67]. В то же время обнаружено, что иммуномодулирующая активность тритерпеновых зависит от их химической структуры и наличия в них сульфатных групп. Так, моносульфатированный гликозид кукумариозид A_2-2 и кукумарии японской был наиболее активным, в то время как применение трисульфатированного кукумариозида A_7-1 приводило к выраженной иммуносупрессии и подавлению активности макрофагов [68].

Заключение

Тритерпеновые гликозиды голотурий являются сильными мембранолитиками. В то же время животные-продуценты этих веществ являются объектами промысла и используются для пищевых целей, особенно в восточных странах, где голотуриям приписывают целебное общеукрепляющее действие. Современная наука во многом связывает это действие с наличием в блюдах, приготовленных из голотурий, преимущественно из их стенок тела, тритерпеновых гликозидов, содержащихся там в неопасных субтоксических дозах. В этой связи, возникает серьезная опасность в неправильном употреблении голотурий для пищевых целей. Традиционная технология приготовления голотурий включает их длительную варку, зачастую

в нескольких водах, чтобы уменьшить содержание токсических веществ до приемлемого уровня. В случае употребления сушеных продуктов, приготовленных из свежих голотурий, их обычно употребляют в минимальных дозах в виде добавок к пище. Чрезмерное употребление блюд из голотурий, то есть их передозировка, может привести к острым кишечным расстройствам, включая диарею и длительную диспепсию. Интересно, что наиболее традиционное блюдо из голотурии – скобянка – предполагает добавление к мелко нарезанной отваренной голотурии в процессе ее жарки кусочков свиного сала или жирной свинины. С учетом данных современной науки, совершенно очевидно, что богатое холестерином свиное сало является своеобразным антидотом к токсическому действию тритерпеновых гликозидов, содержащихся в пище, приготовленной из голотурий.

Здесь уже отмечалась опасность ныряния в полузакрытых мелководных водоемах в местах скопления голотурий из-за возможности поражения гликозидами глаз ныряльщиков. В последнее время стало широко распространено приготовление различных пищевых и лечебных добавок из экстрактов голотурий без должного контроля за содержанием в них гликозидов и определения структур этих гликозидов. В разные сезоны в одних и тех же голотуриях содержание гликозидов может быть очень разным, что может привести к повышенному их содержанию в добавках в случае сбора голотурий в сезон максимальной выработки ими этих токсичных веществ. Помимо возможности получения кишечных расстройств от прямого токсического действия, следует также иметь в виду, что при неправильном применении экстракционных процедур возможно накопление в препаратах гликозидов, обладающих выраженным иммунодепрессантным действием, как это отмечалось, например, для трисульфатированных гликозидов из кукумарии японской. Использование препаратов, содержащих большие количества таких гликозидов, для лечения людей и животных, зараженных какими-либо инфекциями, может привести к ослаблению их иммунитета с соответствующими нежелательными последствиями вплоть до летальных исходов.

Информация о конфликте интересов

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

Сведения о рецензировании

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

Список источников

1. Smirnov A.V. System of the class Holothuroidea // Paleontol. J. 2012. V. 46, № 8. P. 793–832.
2. Miller A.K., Kerr A.M., Paulay G., et al. Molecular phylogeny of extant Holothuroidea (Echinodermata) // Mol. Phylogen. Evolut. 2017. V. 111. P. 110–131.
3. Beirne L., Fitzmier K., Miller M. Holothuroidea // Biol. Div. 2001. On-line. March 20, 2017. <http://www.earlham.edu/~beirnl/seacucumber.htm>
4. Brusca R.C., Brusca G.J. Invertebrates. 2 ed. Sunderland, Massachusetts: Sinauer Associates Inc., 2003.
5. Kitagawa I., Kobayashi M., Okamoto Y., et al. Structures of sarasinoides A₁, B₁, and C₁ – new norlanostane triterpenoid oligoglycosides from the Palanan marine sponge *Sateropus sarasinoides* // Chem. Pharm. Bull. 1987. V. 35, № 12. P. 5036–5039.
6. Kobayashi M., Hori M., Kan K., et al. Marine natural products. XXVII. Distribution of lanostane – type triterpene oligoglycosides in 10 kinds of okinawan sea cucumbers // Chem. Pharm. Bull. 1991. V. 39, № 9. P. 2282–2287.
7. Стоник В.А. Морские полярные стероиды // Успехи химии. 2001. Т. 70, № 8. С. 763–807.
8. Kalinin V.I., Ivanchina N.V., Krasokhin V.B., et al. Glycosides from marine sponges (Porifera, Demospongiae): structures, taxonomical distribution, biological activities and biological roles // Mar. Drugs. 2012. V. 10. P. 1671–1710.
9. Habermehl G., Volkwein G. Aglycones of the toxins from the cuvierian organs of *Holothuria forskali* and a new nomenclature for the aglycones from Holothurioidae // Toxicon. 1971. V. 9, № 4. P. 319–326.
10. Авилов С.А., Калинин В.И., Калиновский А.И., Стоник В.А. Кукумариозид G₂ – минорный тритерпеновый гликозид из голотурии *Eupentacta fraudatrix* // Химия природ. соед. 1991. № 3. С. 438–439.
11. Авилов С.А., Калиновский А.И., Стоник В.А. Два новых тритерпеновых гликозида из голотурии *Duasmodyctyla kurilensis* // Химия природ. соед. 1991. № 2. С. 221–226.
12. Silchenko A.S., Kalinovskiy A.I., Avilov S.A., et al. Fallaxosides B₁ and D₃, triterpene glycosides with novel skeleton types of aglycones from the sea cucumber *Cucumaria fallax* // Tetrahedron. 2017. V. 73. P. 2335–2341.
13. Калинин В.И., Левин В.С., Стоник В.А. Химическая морфология: тритерпеновые гликозиды голотурий (Holothurioidae, Echinodermata). Владивосток: Дальнаука, 1994.
14. Карлина А.Е. Безотходная технология пищевых продуктов и биологически активных добавок из кукумариальных дальневосточных морей. Автореф. дис. ... канд. техн. наук. Владивосток, 2009.
15. Matsuno T., Sakushika A., Takashi I. Seasonal variations of saponin and its distribution in the body of sea-cucumber *Stichopus japonicus* // Bull. Jpn. Soc. Sci. Fisher. 1973. V. 39, № 3. P. 307–310.
16. Аминин Д.Л., Анисимов М.М. Содержание голотоксинов в тканях голотурии *Stichopus japonicus* S. в разные сезоны года и их влияние на созревание ооцитов // Журн. эвол. биохим. физиол. 1987. Т. 23, № 4. С. 545–547.
17. Mitu S.A., Bose U., Suwansa-ard S., et al. Evidence for a saponin biosynthesis pathway in the body wall of the commercially significant sea cucumber *Holothuria scabra* // Marine Drugs. 2017. V. 15, № 11. P. 349.
18. Kalinin V.I., Aminin D.L., Avilov S.A., et al. Triterpene glycosides from sea cucumbers (Holothurioidae, Echinodermata), biological activities and functions // Studies in Natural Product Chemistry (Bioactive Natural Products) / Ed. Atta-ur-Rahman. Amsterdam: Elsevier Sci. Publ., 2008. V. 35. Chap. 4. P. 135–196.
19. Frey D.G. The use of sea cucumbers in poisoning fishes // Copeia. 1951. P. 175–176.
20. Van Dyck S., Gerbaux P., Flammang P. Qualitative and quantitative saponin contents in five sea cucumbers from the Indian Ocean // Marine Drugs. 2010. V. 8. P. 173–189.
21. Жизнь животных. Т. 2. Беспозвоночные / Под ред. Зенкевича Л.А. М.: Просвещение, 1971. С. 239.
22. Van Dyck S., Caulier G., Todesco M., et al. The triterpene glycosides of *Holothuria forskali*: usefulness and efficiency as a chemical defense mechanism against predatory fish // J. Exp. Biol. 2011. V. 214, № 8. P. 1347–1356.
23. Nigrelli R.F. The effects of holothurin on fish and mice with sarcoma 180 // Zoologica (New York). 1952. V. 37. P. 89–90.
24. Yamanouchi T. On the poisonous substance contained in holothurians // Publ. Seto Mar. Biol. Lab. 1955. V. 4, № 2–3. P. 183–203.
25. Nigrelli R.F., Jakowska S. Effects of holothurin, a steroid saponin from the Bahamian Sea cucumber (*Actinopyga agassizi*), on various biological systems // Ann. N.Y. Acad. Sci. 1960. V. 90. P. 884–892.
26. Friess S.L., Standaert F.G., Whitcomb E.R., et al. Some pharmacologic properties of holothurin, an active neurotoxin from the sea cucumber // Pharmacol. Exp. Therap. 1959. V. 126. P. 323–329.
27. Поликарпова С.И., Волкова О.Н., Седов А.М. и др. Цитогенетическое изучение мутагенности кукумариозидов // Генетика. 1990. Т. 26, № 9. С. 1682–1684.
28. Thron C.D. Hemolysis by holothurin A, digitonin and quiaia saponin: estimates of the required cellular lysin uptakes and free lysin concentrations // J. Pharm. Exp. Therap. 1964. V. 145, № 2. P. 194–202.
29. Jakowska S., Nigrelli R.F., Murray P.M., Veltry A.M. Hemopoetic effect of holothurin, steroid saponin from sea cucumber *Actinopyga agassizi* on *Rana pipiens* // Anat. Rec. 1958. V. 132. P. 459.
30. Poscidio G.N. The mutagenicity potential of holothurin of some *Philippine holothurians* // Philipp. J. Sci. 1983. V. 112. P. 1–12.
31. Kalinin V.I., Volkova O.V., Likhatskaya G.N., et al. Hemolytic activity of triterpene glucosides from the Cucumariidae family holothurians and evolution of this group of toxins // J. Nat. Toxins. 1992. V. 1, № 2. P. 17–30.
32. Kalinin V.I., Prokofieva N.G., Likhatskaya G.N., et al. Hemolytic activities of triterpene glycosides from the holothurian order Dendrochirotida: Some trends in the evolution of this group of toxins // Toxicon. 1996. V. 34, № 4. P. 475–483.
33. Aminin D.L., Pisluyagin E.A., Menchinskaya E.S., et al. Immunomodulatory and anticancer activity of sea cucumber triterpene glycosides // Studies in Natural Product

Chemistry (Bioactive Natural Products) / Ed. Atta-ur-Rahman. Amsterdam: Elsevier Sci. Publ., 2014. V. 41. Chap. 3. P. 75–94.

34. Aminin D.L., Menchinskaya E.S., Pislugin E.A., et al. Anticancer activity of sea cucumber triterpene glycosides // *Marine Drugs*. 2015. V. 13. P. 1202–1223.

35. Aminin D.L., Menchinskaya E.S., Pislugin E.A., et al. Sea cucumber triterpene glycosides as anticancer agents // *Studies in Natural Product Chemistry (Bioactive Natural Products)* / Ed. Atta-ur-Rahman. Amsterdam: Elsevier Sci. Publ., 2016. V. 49. Chap. 2. P. 55–105.

36. Friess S.L., Duran R.C., Chanley J.D., Mezzetti T. Some structural requirements underlying holothurin A interactions with synaptic chemoreceptors // *Biochem. Pharmacol.* 1965. V. 14. P. 1237–1247.

37. Friess S.L., Durant R.C., Chanley J.D., Fash F.J. Role of the sulphate charge center in irreversible interactions of holothurin A with chemoreceptors // *Biochem. Pharmacol.* 1967. V. 16. P. 1617–1625.

38. Friess S.L., Durant R.C., Chanley J.D. Further studies on biological actions of steroidal saponins produced by poisonous echinoderms // *Toxicon*. 1968. V. 6. P. 81–84.

39. Friess S.L., Chanley J.D., Hudak W.V., Weems H.B. Interaction of the Echinoderm toxin Holothurin A and its desulfated derivative with the cat superior cervical ganglion preparation // *Toxicon*. 1970. № 8. P. 211–219.

40. De Groof R.C., Narahashi T. The effects of holothurin A on the resting membrane potential and conductance of squid axon // *Europ. J. Pharmacol.* 1976. V. 36. P. 337–346.

41. Dettbarn W.D., Higman H.B., Bartels E., Podleski T. Effects of marine toxins on electrical activity and K⁺ efflux of excitable membranes // *Biochem. Biophys. Acta*. 1965. V. 94. P. 472–478.

42. Ruggieri C.D., Nigrelli R.F. Physiologically active substances from Echinoderms // *Bioactive compounds from the sea* / Eds. Humm, H.J., Lane C.H. N.Y.: Dekker Inc., 1974. P. 183–195.

43. Kaul P.N., Daffari P. Marine pharmacology: bioactive molecules from the sea // *Ann. Rev. Pharmacol. Toxicol.* 1986. V. 26. P. 117–142.

44. Verbist J.E. Pharmacological effects of compounds from echinoderms // *Echinoderm studies*. V. 4 / Eds. Jangoux M., Lawrence J.M. Rotterdam: A.A. Balkema, 1993. P. 111–186.

45. Gorshkov B.A., Gorshkova I.A., Stonik V.A., Elyakov G.B. Effect of marine glycosides on adenosine triphosphatase activity // *Toxicon*. 1982. V. 20, № 3. P. 655–658.

46. Gorshkova I.A., Gorshkov B.A., Stonik V.A. Inhibition of rat brain Na⁺-K⁺-ATPase by triterpene glycosides from holothurians // *Toxicon*. 1989. V. 27, № 8. P. 927–936.

47. Gorshkova I.A., Kalinovskiy A.I., Ilyin S.G., et al. Physicochemical characteristics of interaction of toxic triterpene glycosides from holothurians with rat brain Na⁺-K⁺-ATPase // *Toxicon*. 1989. V. 27, № 8. P. 937–945.

48. Gorshkova I.A., Kalinin V.I., Gorshkov B.A., Stonik V.A. Two different modes of inhibition of the rat brain Na⁺-K⁺-ATPase by triterpene glycosides, psolusosides A and B, from the holothurian *Psolus fabricii* // *Comp. Biochem. Physiol.* 1999. V. 122, № 1. P. 101–108.

49. Gorshkova I.A., Ilyin S.G., Stonik V.A. Physicochemical characteristics of interaction of saponins from holothurians (sea cucumber) with cell membranes // *Saponin in food, feedstuffs and medicinal plants* / Eds. Oleszek W., Marston A. Springer, Dordrecht : Kluwer Academic Publ., 2000. P. 219–225. <https://doi.org/10.1007/978-94-015-9339-7>.

50. Kitagawa I., Kobayashi M., Inamoto T., et al. Marine natural products. XIV. Structures of echinosides A and B, antifungal lanostane-oligosides from the sea cucumber *Actinopyga echinites* (Jaeger) // *Chem. Pharm. Bull.* 1985. V. 33, № 12. P. 5214–5224.

51. Рубцов Б.В., Ружницкий А.О., Клебанов Г.И., и др. Влияние некоторых тритерпеновых гликозидов морских беспозвоночных на проницаемость биологических и искусственных мембран // *Изв. АН СССР. Сер. Биол.* 1980. № 3. С. 436–445.

52. Kuznetsova T.A., Anisimov M.M., Popov A.M., et al. Comparative study in vitro of physiological activity of triterpene glycosides of marine invertebrates of Echinoderm type // *Comp. Biochem. Physiol.* 1982. V. 73. P. 41–43.

53. Мальцев И.И., Стехова С.И., Шенцова Е.Б. и др. Противомикробная активность гликозидов из голотурий семейства Stichopodidae // *Хим.-фарм. журн.* 1985. № 1. С. 54–56.

54. Olsen R.A. Triterpene glycosides as inhibitors of fungal growth and metabolism. Role of the sterol contents of some fungi // *Physiol. Plant.* 1973. V. 28. P. 507–515.

55. Olsen R.A. Triterpene glycosides as inhibitors of fungal growth and metabolism. The effect of aescin on fungi with reduced sterol contents // *Physiol. Plant.* 1973. V. 29. P. 145–149.

56. Попов А.М., Лоенко Ю.Н., Анисимов М.М. Изменение чувствительности опухолевых клеток к действию тритерпеновых гликозидов липосомами // *Антибиотики*. 1981. Т. 26, № 3. С. 127–129.

57. Попов А.М., Калиновская Н.И., Кузнецова Т.А. и др. Роль стероидов в мембранотропной активности тритерпеновых гликозидов // *Антибиотики*. 1983. № 9. С. 656–659.

58. Попов А.М. Изучение мембранотропной активности некоторых тритерпеновых гликозидов. Автореф. дис. ... канд. биол. наук. Владивосток, 1984.

59. Лихацкая Г.Н., Яровая Т.П., Руднев В.С. и др. Образование комплекса тритерпенового гликозида голотурина А с холестерином в липосомальных мембранах // *Биофизика*. 1985. Т. 30, № 2. С. 358–359.

60. Лихацкая Г.Н. Тритерпеновые и стероидные гликозиды и мембраны. Молекулярные механизмы взаимодействия гликозидов с мембранами. Saarbrücken: LAP LAMBERT Academic Publ. GmbH & Co. KG, 2011.

61. Лихацкая Г.Н. Механизмы взаимодействия тритерпеновых и стероидных гликозидов с липидными мембранами. Автореф. дис. канд. физ.-мат. наук. Владивосток, 2006.

62. Анисимов М.М. Тритерпеновые гликозиды и структурно-функциональные свойства мембран // *Биол. науки*. 1987. № 10. С. 49–63.

63. Анисимов М.М., Аминин Д.Л., Ровин Ю.Г. и др. Об устойчивости клеток голотурии *Stichopus japonicus*

к действию эндотоксина – стихопозида А // Докл. АН СССР. 1983. Т. 270, № 4. С. 991–993.

64. Аминин Д.Л., Анисимов М.М., Мокрецова Н.Д. и др. Влияние тритерпеновых и стероидных гликозидов на овоциты, яйца и эмбрионы голотурии *Stichopus japonicus* и морского ежа *Strongylocentrotus nudus* // Биол. моря. 1986. № 3. С. 49–52.

65. Claereboudt E.J.S., Eeckhaut I., Lins L., Deleu M. How different sterols contribute to saponin tolerant plasma membranes in sea cucumbers // Scientific Reports. 2018. V. 8. 10845. P. 1–11.

66. Aminin D.L. Immunomodulatory properties of sea cucumber triterpene glycosides // Marine and Freshwater Toxins. Toxinology / Eds. Gopalakrishnakone P., Haddad Jr. V., Tubaro A., et al. Springer: Amsterdam, Netherlands, 2016. Chap. 19. P. 381–401.

67. Aminin D., Pisyagin E., Astashev M., et al.

Glycosides from edible sea cucumbers stimulate macrophages via purinergic receptors // Sci. Rep. 2016. V. 6. 39683. P. 1–11.

68. Aminin D.L., Agafonova I.G., Berdyshev E.V., et al. Immunomodulatory properties of cucumariosides from the edible Far-Eastern holothurian *Cucumaria japonica* // J. Med. Food. 2001. V. 4, № 3. P. 127–135.

69. Aminin D.L., Agafonova I.G., Kalinin V.I. et al. Immunomodulatory properties of frondoside A, a major triterpene glycoside from the North Atlantic commercially harvested sea cucumber *Cucumaria frondosa* // J. Med. Food. 2008. V. 11, № 3. P. 443–453.

70. Pisyagin E.A., Gladkikh R.V., Kapustina I.I. et al. Interaction of holothurian triterpene glycoside with biomembranes of mouse immune cells // Int. Immunopharmacol. 2012. V. 14. P. 1–8.

Об авторах

Федеральное государственное бюджетное учреждение Тихоокеанский институт биоорганической химии им Г.Б. Елякова ДВО РАН, Проспект 100-летия Владивостока, д. 159, г. Владивосток, 690022, Российская Федерация

Аминин Дмитрий Львович. Заведующий лабораторией, старший научный сотрудник, д-р биол. наук.

Калинин Владимир Иванович. Ведущий научный сотрудник Тихоокеанского института биоорганической химии им Г.Б. Елякова ДВО РАН, д-р биол. наук.

Контактная информация для всех авторов: daminin@piboc.dvo.ru

Контактное лицо: Аминин Дмитрий Львович; daminin@piboc.dvo.ru

Toxic properties of holothurian's triterpene glycosides

D.L. Aminin, V.I. Kalinin

G.B. Elyakov Pacific Institute of Bioorganic Chemistry, Far Eastern Branch of the Russian Academy of Sciences, Prospect 100-let Vladivostok, 159, Vladivostok 690022, Russian Federation

Holothurians (or sea cucumbers) are echinoderms and are found in all areas of the world oceans. These animals produce special low-molecular metabolites - triterpene glycosides, which are a means of chemical protection of holothurians from predators. The content of triterpene glycosides in the tissues of holothurians can reach a significant amount of up to 1 g/kg, and especially many of these compounds are localized in the Cuvierian tubules - special protection organ presents in a number of tropical holothurians. Triterpene glycosides of holothurians are quite toxic, they exhibit hemolytic, cytotoxic and neurotoxic activity at a concentration range of 1×10^{-4} – 1×10^{-6} M. The toxic properties of glycosides are based on the ability of these compounds to interact with Δ^5 -sterols (mainly cholesterol) of plasma membranes and form ion-conducting complexes. In turn, this leads to a change in the ion permeability and selectivity of biomembranes, disruption of barrier properties, ion homeostasis and osmolarity of cells, and further to cell lysis and death.

Contact with holothurians when diving in shallow water, which is fraught with damage to the eyes and mucous membranes by triterpene glycosides, may be of some danger to humans. Excessive consumption of commercial edible holothurians in food, especially without prior heat treatment, as is customary in some South-East Asia countries, can lead to diarrhea and dyspepsia. Triterpene glycosides in the bloodstream can lead to blood lysis and serious consequences up to death.

The holothurians are animals commercially harvested in Russia. They are used in food and for the preparation of medicinal supplements and preparations. Excessive consumption of commercial edible holothurians for food, especially without long-term boiling, as is customary in Southeast Asia, can lead

to diarrhea and dyspepsia. Triterpene glycosides in the bloodstream can lead to blood lysis and serious consequences up to death. The use of dietary supplements with an uncontrolled glycoside content is fraught with similar consequences, and the presence of immunosuppressants among glycosides that have fallen into such additives and drugs can worsen the condition of patients or sick animals. Control of the qualitative and quantitative content of glycosides in food and medicinal products from holothurians should be an integral part of measures to improve the biological safety of citizens of the Russian Federation.

Keywords: hemolytic activity; holothurians; immunomodulatory properties; membranotropic properties; neurotoxic properties; cytotoxic activity.

For citation: Aminin D.L., Kalinin V.I. Toxic Properties of Holothurian's Triterpene Glycosides // Journal of NBC Protection Corps. 2019. V. 3. № 1. P. 23–39.

Conflict of interest statement

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

Peer review information

The article has been peer reviewed by two experts in the respective field. Peer reviews are available from the Editorial Board.

References

1. Smirnov A.V. System of the class Holothuroidea // Paleontological Journal. 2012. V. 46, No. 8. P. 793–832.
2. Miller A.K., Kerr A.M., Paulay G. et al. Molecular phylogeny of extant Holothuroidea (Echinodermata) // Molecular Phylogenetics Evolution. 2017. V. 111. P. 110–131.
3. Beirne L., Fitzmiller K., Miller M. Holothuroidea // Biological Diversity. 2001. On-line. March 20, 2017. <http://www.earlham.edu/~beirnl/seacucumber.htm>
4. Brusca R.C., Brusca G.J. Invertebrates (second edition). Sunderland, Massachusetts: Sinauer Associates Inc., 2003. 936 p.
5. Kitagawa I., Kobayashi M., Okamoto Y. et al. Structures of sarasinoids A₁, B₁, and C₁ – new norlanostane triterpenoid oligoglycosides from the Palanan marine sponge *Sateropus sarasinoides* // Chem. Pharm. Bull. 1987. V. 35, No. 12. P. 5036–5039.
6. Kobayashi M., Hori M., Kan K. et al. Marine natural products. XXVII. Distribution of lanostane – type triterpene oligoglycosides in 10 kinds of okinawan sea cucumbers // Chem. Pharm. Bull. 1991. V. 39, No. 9. P. 2282–2287.
7. Stonik V.A. Marine polar steroids // The Success of Chemistry 2001. V. 70, No. 8. P. 763–807 (in Russian).
8. Kalinin V.I., Ivanchina N.V., Krasokhin V.B. et al. Glycosides from marine sponges (Porifera, Demospongiae): structures, taxonomical distribution, biological activities and biological roles // Mar. Drugs. 2012. V. 10. P. 1671–1710.
9. Habermehl G., Volkwein G. Aglycones of the toxins from the cuvierian organs of *Holothuria forskali* and a new nomenclature for the aglycones from Holothuroidea // Toxicon. 1971. V. 9, No. 4. P. 319–326.
10. Avilov S.A., Kalinin V.I., Kalinivsky A.I., Stonik V.A. Cucumarioside G₂ – minor triterpene glycoside from the sea cucumber *Eupentacta fraudatrix* // Chemistry of Natural Compounds 1991. No. 3. P. 438–439 (in Russian).
11. Avilov S.A., Kalinovskiy A.I., Stonik V.A. Two new triterpene glycosides from sea cucumber *Duasmiodactyla kurilensis* // Chemistry of Natural Compounds. 1991. No. 2. P. 221–226 (in Russian).
12. Silchenko A.S., Kalinovskiy A.I., Avilov S.A. et al. Fallaxosides B₁ and D₃, triterpene glycosides with novel skeleton types of aglycones from the sea cucumber *Cucumaria fallax* // Tetrahedron. 2017. V. 73. P. 2335–2341.
13. Kalinin V.I., Levin V.S., Stonik V.A. Chemical morphology: triterpene glycosides of sea cucumbers (Holothuroidea, Echinodermata). Vladivostok: Dalnauka, 1994. 284 p. (in Russian).
14. Karlina A.E. Wast free technology of food and food supplements from cucumarias of the Far Eastern seas. Summary of the dissertation for obtaining of the research degree of candidate of technical sciences. Vladivostok, 2009. 24 p. (in Russian).
15. Matsuno T., Sakushika A., Takashi I. Seasonal variations of saponin and its distribution in the body of sea-cucumber *Stichopus japonicus* // Bull. Jpn. Soc. Sci. Fisher. 1973. V. 39, No. 3. P. 307–310.
16. Aminin D.L., Anisimov M.M. Contents of holotoxins in tissues of the sea cucumber *Stichopus japonicus* S. in different year season and their influence on oocytes maturation // Journal of Evol. Biochem. Physiol. 1987. V. 23, No. 4. P. 545–547. (in Russian).
17. Mitu S.A., Bose U., Suwansa-ard S. et al. Evidence for a saponin biosynthesis pathway in the body wall of the commercially significant sea cucumber *Holothuria scabra* // Mar. Drugs. 2017. V. 15. 349. P. 1–13.
18. Kalinin V.I., Aminin D.L., Avilov S.A., et al. Triterpene glycosides from sea cucumbers (Holothuroidea, Echinodermata), biological activities and functions // Studies in Natural Product Chemistry (Bioactive Natural Products) / Ed. Atta-ur-Rahman. Amsterdam: Elsevier Sci. Publ., 2008. V. 35. Chap. 4. P. 135–196.
19. Frey D.G. The use of sea cucumbers in poisoning

fishes // Copeia. 1951. P. 175–176.

20. Van Dyck S., Gerbaux P., Flammang P. Qualitative and quantitative saponin contents in five sea cucumbers from the Indian Ocean // Mar. Drugs. 2010. V. 8. P. 173–189.

21. Zenkevich L.A. (ed.) Animal life. V. 2. Invertebrates. Moscow: Education, 1971. P. 239. (in Russian).

22. Van Dyck S., Caulier G., Todesco M. et al. The triterpene glycosides of *Holothuria forskali*: Usefulness and efficiency as a chemical defense mechanism against predatory fish // J. Exp. Biol. 2011. V. 214, No. 8. P. 1347–1356.

23. Nigrelli R.F. The effects of holothurin on fish and mice with sarcoma 180 // Zoologica (New York). 1952. V. 37. P. 89–90.

24. Yamanouchi T. On the poisonous substance contained in holothurians // Publ. Seto Mar. Biol. Lab. 1955. V. 4, No. 2–3. P. 183–203.

25. Nigrelli R.F., Jakowska S. Effects of holothurin, a steroid saponin from the *Bahamian sea cucumber (Actinopyga agassizi)*, on various biological systems // Ann. N.Y. Acad. Sci. V. 90. P. 884–892.

26. Friess S.L., Standaert F.G., Whitcomb E.R. et al. Some pharmacologic properties of holothurin, an active neurotoxin from the sea cucumber // Pharmacol. Exp. Therap. 1959. V. 126. P. 323–329.

27. Polikarpova S.I., Volkova O.N., Sedov A.M. et al. Cytogenetic investigation of mutagenicity of cucumarioside // Genetika. 1990. V. 26, No. 9. P. 1682–1684 (in Russian).

28. Thron C.D. Hemolysis by holothurin A, digitonin and quiaia saponin: estimates of the required cellular lysin uptakes and free lysin concentrations // J. Pharm. Exp. Therap. 1964. V. 145, No. 2. P. 194–202.

29. Jakowska S., Nigrelli R.F., Murray P.M., Veltry A.M. Hemopoetic effect of holothurin, steroid saponin from sea cucumber *Actinopyga agassizi* on *Rana pipiens* // Anat. Rec. 1958. V. 132. P. 459.

30. Poscidio G.N. The mutagenicity potential of holothurin of some Philippine holothurians // Philipp. J. Sci. 1983. V. 112. P. 1–12.

31. Kalinin V.I., Volkova O.V., Likhatskaya G.N. et al. Hemolytic activity of triterpene glucosides from the Cucumariidae family holothurians and evolution of this group of toxins // J. Nat. Toxins. 1992. V. 1, No. 2. P. 17–30.

32. Kalinin V.I., Prokofieva N.G., Likhatskaya G.N. et al. Hemolytic activities of triterpene glycosides from the holothurian order Dendrochirotrida: Some trends in the evolution of this group of toxins // Toxicon. 1996. V. 34. No. 4. P. 475–483.

33. Aminin D.L., Pisyagin E.A., Menchinskaya E.S. et al. Immunomodulatory and anticancer activity of sea cucumber triterpene glycosides // Studies in Natural Product Chemistry (Bioactive Natural Products) / Ed. Atta-ur-Rahman. Amsterdam: Elsevier Sci. Publ., 2014. V. 41. Chap. 3. P. 75–94.

34. Aminin D.L., Menchinskaya E.S., Pisyagin E.A. et al. Anticancer activity of sea cucumber triterpene glycosides // Marine Drugs. 2015. V. 13. P. 1202–1223.

35. Aminin D.L., Menchinskaya E.S., Pisyagin E.A. et al. Sea cucumber triterpene glycosides as anticancer agents // Studies in Natural Product Chemistry (Bioactive Natural

Products) / Ed. Atta-ur-Rahman. Amsterdam: Elsevier Sci. Publ., 2016. V. 49. Chap. 2. P. 55–105.

36. Friess S.L., Duran R.C., Chanley J.D., Mezzetti T. Some structural requirements underlying holothurin A interactions with synaptic chemoreceptors // Biochem. Pharmacol. 1965. V. 14. P. 1237–1247.

37. Friess S.L., Durant R.C., Chanley J.D., Fash F.J., Role of the sulphate charge center in irreversible interactions of holothurin A with chemoreceptors // Biochem. Pharmacol. 1967. V. 16. P. 1617–1625.

38. Friess S.L., Durant R.C., Chanley J.D. Further studies on biological actions of steroidal saponins produced by poisonous echinoderms // Toxicon. 1968. V. 6. P. 81–84.

39. Friess S.L., Chanley J.D., Hudak W.V., Weems H.B. Interaction of the Echinoderm toxin Holothurin A and its desulfated derivative with the cat superior cervical ganglion preparation // Toxicon. 1970. No. 8. P. 211–219.

40. De Groof R.C., Narahashi T. The effects of holothurin A on the resting membrane potential and conductance of squid axon // Europ. J. Pharmacol. 1976. V. 36. P. 337–346.

41. Dettbarn W.D., Higman H.B., Bartels E., Podleski T. Effects of marine toxins on electrical activity and K⁺ efflux of excitable membranes // Biochem. Biophys. Acta. 1965. V. 94. P. 472–478.

42. Ruggieri C.D., Nigrelli R.F. Physiologically active substances from Echinoderms // Bioactive compounds from the sea / Eds. Humm, H.J., Lane C.H. N.-Y.: Dekker Inc., 1974. P. 183–195.

43. Kaul P.N., Daffari P. Marine pharmacology: bioactive molecules from the sea // Ann. Rev. Pharmacol. Toxicol. 1986. V. 26. P. 117–142.

44. Verbist J.E. Pharmacological effects of compounds from echinoderms // Echinoderm studies. V. 4 / Eds. Jangoux M., Lawrence J.M. Rotterdam: A.A. Balkema, 1993. P. 111–186.

45. Gorshkov B.A., Gorshkova I.A., Stonik V.A., Elyakov G.B. Effect of marine glycosides on adenosine triphosphatase activity // Toxicon. 1982. V. 20, No. 3. P. 655–658.

46. Gorshkova I.A., Gorshkov B.A., Stonik V.A. Inhibition of rat brain Na⁺-K⁺-ATPase by triterpene glycosides from holothurians // Toxicon. 1989. V. 27, No. 8. P. 927–936.

47. Gorshkova I.A., Kalinovskiy A.I., Ilyin S.G. et al. Physicochemical characteristics of interaction of toxic triterpene glycosides from holothurians with rat brain Na⁺-K⁺-ATPase // Toxicon. 1989. V. 27, No. 8. P. 937–945.

48. Gorshkova I.A., Kalinin V.I., Gorshkov B.A., Stonik V.A. Two different modes of inhibition of the rat brain Na⁺-K⁺-ATPase by triterpene glycosides, psolusosides A and B, from the holothurian *Psolus fabricii* // Comp. Biochem. Physiol. 1999. V. 122, No. 1. P. 101–108.

49. Gorshkova I.A., Ilyin S.G., Stonik V.A. Physicochemical characteristics of interaction of saponins from holothurians (sea cucumber) with cell membranes // Saponin in food, feedstuffs and medicinal plants / Eds. Oleszek W., Marston A. Kluwer Academic Publ., 2000. P. 219–225.

50. Kitagawa I., Kobayashi M., Inamoto T. et al. Marine natural products. XIV. Structures of echinosides A and B,

antifungal lanostane-oligosides from the sea cucumber *Actinopyga echinites* (Jaeger) // Chem. Pharm. Bull. 1985. V. 33, No. 12. P. 5214–5224.

51. Rubtsov V.B., Ruzhnitsky A.O., Klebanov G.I. et al. Influence of some triterpene glycosides of marine invertebrates on permeability of biological and artificial membranes // Izv. AN SSSR. Ser. Biol. 1980. No. 3. P. 436–445.

52. Kuznetsova T.A., Anisimov M.M., Popov A.M. et al. Comparative study in vitro of physiological activity of triterpene glycosides of marine invertebrates of Echinoderm type // Comp. Biochem. Physiol. 1982. V. 73. P. 41–43.

53. Maltsev I.I., Stekhova S.I., Shchentsova E.B., Anisimov M.M., Stonik V.A. Antimicrobial activity of glycosides from sea cucumbers of the family Stichopodidae // Khim. Pharm. Zhurn. 1985. No. 1. P. 54–56 (in Russian).

54. Olsen R.A. Triterpene glycosides as inhibitors of fungal growth and metabolism. Role of the sterol contents of some fungi // Physiol. Plant. 1973. V. 28. P. 507–515.

55. Olsen R.A. Triterpene glycosides as inhibitors of fungal growth and metabolism. The effect of aescin on fungi with reduced sterol contents // Physiol. Plant. 1973. V. 29. P. 145–149.

56. Popov A.M., Loenko Yu.N., Anisimov M.M. The change of sensibility of tumor cells against the action of triterpene glycosides by liposomes // Antibiotiki. 1981. V. 26, No. 3. P. 127–129 (in Russian).

57. Popov A.M., Kaliniovskaya N.I., Kuznetsova T.A. et al. Role of sterols in membranotropic activity of triterpene glycosides // Antibiotiki. 1983. No. 9. P. 656–659 (in Russian).

58. Popov A.M. The studies of membranotropic activities of some triterpene glycosides: sCand. Diss. Biol. Sci., Summary. Vladivostok, 1984. 24 p. (in Russian).

59. Likhatska G.N., Jarovaya T.P., Rudnev V.S. et al. Formation of the complex of triterpene glycoside holothurine A with cholesterol in liposomal membranes // Biofizika. 1985. V. 30, No. 2. P. 358–359 (in Russian).

60. Likhatska G.N. Triterpene and steroid glycosides and membranes. Molecular mechanisms of interaction of glycosides with membranes. Saarbrücken: LAP LAMBERT Academic Publ. KG, 2011. 115 p.

61. Likhatska G.N. Mechanisms of interaction of triterpene and steroid glycosides with lipid membranes. Cand. Diss. Phys.-Math. Sci., Summary. Vladivostok, 2006. 23 p. (in Russian).

62. Anisimov M.M. Triterpene glycosides and structural-functional properties of membranes // Biol. Nauki. 1987. No. 10. P. 49–63.

63. Anisimov M.M., Aminin D.L., Rovin Yu.G. et al. On resistibility of cells of the sea cucumber *Stichopus japonicus* against action of endotoxin – stichoposide A // Dokl. AN SSSR. 1983. V. 270, No. 4. P. 991–993 (in Russian).

64. Aminin D.L., Anisimov M.M., Mokretsova N.D. et al. Influence of triterpene and steroid glycosides on oocytes, eggs and embryos of the sea cucumber *Stichopus japonicus* and sea urchin *Strongylocentrotus nudus* // Biol. Morya. 1986. No. 3. P. 49–52 (in Russian).

65. Claereboudt E.J.S., Eeckhaut I., Lins L., Deleu M. How different sterols contribute to saponin tolerant plasma membranes in sea cucumbers // Scientific Reports. 2018. V. 8. 10845. P. 1–11.

66. Aminin D.L. Immunomodulatory properties of sea cucumber triterpene glycosides // Marine and Freshwater Toxins. Toxinology / Eds. Gopalakrishnakone P., Haddad Jr. V., Tubaro A. et al. Springer: Amsterdam. Netherlands, 2016. Chap. 19. P. 381–401.

67. Aminin D., Pisyagin E., Astashev M. et al. Glycosides from edible sea cucumbers stimulate macrophages via purinergic receptors // Sci. Rep. 2016. V. 6. 39683. P. 1–11.

68. Aminin D.L., Agafonova I.G., Berdyshev E.V. et al. Immunomodulatory properties of cucumariosides from the edible Far-Eastern holothurian *Cucumaria japonica* // J. Med. Food. 2001. V. 4, No. 3. P. 127–135.

69. Aminin D.L., Agafonova I.G., Kalinin V.I. et al. Immunomodulatory properties of frondoside A, a major triterpene glycoside from the North Atlantic commercially harvested sea cucumber *Cucumaria frondosa* // J. Med. Food. 2008. V. 11, No. 3. P. 443–453.

70. Pisyagin E.A., Gladkikh R.V., Kapustina I.I. et al. Interaction of holothurian triterpene glycoside with biomembranes of mouse immune cells // Int. Immunopharmacol. 2012. V. 14. P. 1–8.

Authors

G.B. Elyakov Pacific Institute of Bioorganic Chemistry, Far Eastern Branch of the Russian Academy of Sciences, Prospect 100-let Vladivostok, 159, Vladivostok 690022, Russian Federation

Dmitry Lvovich Aminin. Head of the laboratory, Senior Researcher, Doctor of Biological Sciences.

Vladimir Ivanovich Kalinin. Leading Researcher, Doctor of Biological Sciences.

Contact information for all authors: daminin@piboc.dvo.ru
Contact person: Aminin Dmitry Lvovich; daminin@piboc.dvo.ru

Химическое оружие в ирано-иракской войне 1980–1988 годов.

© КОЛЛЕКТИВ АВТОРОВ, 2019
УДК 329(5-011.5); 329.3:355.5

1. Подготовка Ирака к химической войне

М.В. Супотницкий, Н.И. Шило, В.А. Ковтун

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

Поступила 11.01.2019 г. Принята к публикации 10.03.2019 г.

Ирано-иракская война (1980–1988 гг.) стала первой современной войной, в которой применялось химическое оружие. Доступных обобщающих работ по этой проблеме на русском языке нет. Это ставит российских исследователей в неравное положение по отношению к своим западным и ближневосточным коллегам, имеющим такую информацию из широкого круга источников. Особенно недостаток таких знаний ограничивает возможности понимания тайных механизмов, запускающих современные химические войны на Ближнем Востоке. На основе анализа западных источников, материалов ООН и ЦРУ, показано, что создание химического оружия Ираком, страной «третьего мира» с численностью населения 16,3 млн человек, к тому же имевшего низкий образовательный уровень, стало возможным благодаря щедро оплаченной иракским правительством западной помощи (поставки прекурсоров, технологий, технической документации, специалистов, дипломатической поддержки и др.). Только благодаря ей иракская военно-химическая программа оказалось успешной. Промышленное производство ОВ и химических боеприпасов разного тактического назначения было налажено иракцами с «нуля» в течение менее чем 10 лет. В научных исследованиях к концу 1980-х гг. иракскими химиками были созданы заделы на будущее, заложена промышленная база для практического воплощения собственных разработок по химическому оружию. С июня 1981 г. по январь 1991 г. в Ираке было произведено 3,86 тыс. т ОВ, из них 2,85 тыс. т – сернистого иприта; около 600 т – зарина/циклозарина, 210 т – табуна и 2,4 т – VX. Из всего произведенного количества ОВ примерно 3,3 тыс. тонн были использованы для снаряжения авиационных бомб, артиллерийских снарядов и боеголовок ракет. Для России успешность программы по созданию химического оружия Ираком – это предупреждение. Оно говорит о том, что отсталое в техническом отношении, но богатое нефтью квазигосударство, из тех, что сегодня создаются на Ближнем Востоке, способно при неафишируемой поддержке тех же «спонсоров», за несколько лет обрести химическое оружие и использовать его как для провокаций, так и для ведения боевых действий в жизненно важных для России регионах.

Ключевые слова: Женевский протокол 1925 г.; зарин; иприт; ирано-иракская война; прекурсоры; программа создания химического оружия; табун; химическое оружие; циклозарин; VX.

Библиографическое описание: Супотницкий М.В., Шило Н.И., Ковтун В.А. Химическое оружие в ирано-иракской войне 1980–1988 годов. 1. Подготовка Ирака к химической войне // Вестник войск РХБ защиты. 2019. Т. 3. № 1. С. 40–64.

Ирано-иракская война 1980–1988 гг. – первая война современного типа с использованием химического оружия. Потерпев в 1991 г. поражение в так называемой «Войне в заливе»¹, Ирак лик-

видировал под международным контролем все свое химическое оружие. Присоединение к КХО² почти всех стран Ближнего и Среднего Востока (кроме Израиля) теоретически должно было

¹ Gulf War 02.08.1990–28.02.1991, иначе – «Война в Персидском заливе» или «Война за освобождение Кувейта.

² Конвенция о запрещении разработки, производства, накопления и применения химического оружия и о его уничтожении (КХО) – соглашение по контролю над вооружениями, запрещающее производство, накоп-

исключить его применение в регионе, однако этого не произошло. С начала нулевых годов химическое оружие оказалось востребованным радикальными квазигосударственными образованиями³, подрывающими государственность стран Ближнего Востока, сформировавшихся в первой половине XX в. Армии США и НАТО перестали быть гарантами безопасности и неизменности границ своих традиционных союзников в регионе. Победа над Исламским Государством (ИГ)⁴ в долгосрочной перспективе не изменит тенденции к политическому реформатированию Ближнего и Среднего Востока. И под каким бы флагом оно ни происходило, приходится считаться с возможностью боевого применения созданного на этих территориях оружия массового поражения (ОМП). Опыт Ирака показал, что наиболее доступным таким оружием является химическое.

Химическая составляющая ирано-иракской войны до настоящего времени не привлекала к себе внимания специалистов. Доступных работ по этой проблеме на русском языке нет. Это ставит российских исследователей в неравное положение по отношению к своим западным коллегам, имеющим такую информацию из широкого круга источников.

Цель работы – установить, каким образом стало возможным создание применение иракскими войсками химического оружия в ирано-иракской войне 1980–1988 гг.

Работа состоит из четырех частей, публикуемых в виде отдельных статей. В первой мы рассмотрим программу Ирака по созданию химического оружия. Во второй – покажем, как применялось химическое оружие в отдельных операциях ирано-иракской войны. Третья статья будет посвящена медицинским последствиям его

применения, четвертая – его уничтожению. При подготовке работы использовались официальные документы и материалы, в том числе ООН, раскритикованные документы ЦРУ, публикации в научных журналах и периодической печати, а также другие открытые западные, арабские и иранские источники.

Региональное соперничество как основной фактор вооружения Ирака оружием массового поражения.

Территория современного Ирака – исторической Месопотамии – родина древнейших цивилизаций. Однако в своем современном виде Ирак возник лишь в 1932 г. после освобождения от британского мандата, полученного Великобританией от Лиги Наций по итогам Первой мировой войны⁵. Современное государство Ирак образовано на территории трех бывших вилайетов (провинций) Османской империи – Багдада, Басры и Мосула.

Название государства произошло от географического понятия «Ирак» (по-арабски – «земля по берегам»), т.е. территории по берегам двух рек – Тигра и Евфрата. Географическое положение региона и историческая роль своего рода «проходного двора» обусловили сложность этно-конфессионального состава страны (хотя большинство ее населения составляют арабы), а это обстоятельство, в свою очередь, отчасти обусловило и ее политическую нестабильность. Только с начала политической карьеры Саддама Хусейна (1937–2006) в партии Арабского социалистического возрождения (1958 г.)⁶ до его официального прихода к власти 16 июля 1979 г. в качестве президента и председателя Совета Революционного командования Ирака, в стране произошло три государственных переворота.

Несмотря на это обстоятельство, резкий скачок мировых цен на нефть в 1970-е гг.⁷ привел к тому, что Ирак в 1970-е гг. стал одной из

ление и применение химического оружия. Главным обязательством конвенции, налагаемым на ее участников, является запрет на производство и применение химического оружия, а также уничтожение всех его запасов. В декабре 1992 г. проект КХО был одобрен на сессии Генеральной ассамблеи ООН, 13 января 1993 г. в Париже Генеральный секретарь ООН открыл ее для подписания. Конвенция вступила в силу 29 апреля 1997 г. после того, как была ратифицирована 65-м ее участником (Венгрия) [1].

³ Более подробно см. работу J.Warrick [2].

⁴ «Исламское государство» (ИГ), ранее «Исламское государство Ирака и Леванта (ИГИЛ)» – международная исламистская суннитская террористическая организация. Действует преимущественно на территории Сирии и Ирака фактически как непризнанное квазигосударство с шариатской формой правления и столицей в сирийском городе Ракка. Организация признана террористической решением Верховного суда Российской Федерации от 29.12.2014 г. Ее деятельность на территории России запрещена.

⁵ Более подробно о постколониальной политической истории Ближнего Востока см. в работах [3–8].

⁶ Кратко именуется Баас (возрождение, воскрешение). Идеология партии – баасизм, представляющий собой синтез арабского социализма (основные отрасли промышленности и банковский сектор подлежат национализации, но при сохранении таких традиционных ценностей, как частная собственность, земельная реформа), панарабизма (движение, направленное на консолидацию арабов Ближнего Востока вне зависимости от религиозной составляющей) и антиимпериализма (противопоставление новых арабских государств бывшим колониальным империям).

⁷ Динамику цен на нефть 1970–1980-х гг. см. в частности, https://inflationdata.com/Inflation/Inflation_Rate/Historical_Oil_Prices_Table.asp и <https://opendata.socrata.com/Education/Crude-oil-prices-1861-2008/x9rz-thuv>

самых экономически процветающих арабских стран⁸. «Золотой дождь» нефтедолларов пролился в 1970-е гг. и над его региональным соперником – Ираном, где в значительной степени на нефтяные деньги провели целую серию экономических и социальных реформ, получивших название «белой революции шаха и народа» [9]⁹.

Кроме того, обе страны в это время проводили перевооружение своих армий и активно закупали оружие за рубежом. Основным поставщиком оружия Ирану были Соединенные Штаты, которые к 1979 г. передали Тегерану вооружений и боевой техники на общую сумму 9 млрд долларов. Всего за период с 1970 по 1978 г. США согласились продать Ирану техники и вооружений на общую сумму в 20 млрд долларов¹⁰. Ирак также к концу 1970-х гг. переориентировался на западных поставщиков оружия. Саддам Хусейн был убежден в технологическом превосходстве западного оружия над советским. Доля в поставках советского оружия в Ирак упала с 95% в 1972 г., до 68% в 1979 г. [6].

В 1970-е гг. основными соперниками Ирака в регионе были Израиль, Иран и курды. Борьба за лидерство в арабском мире рассорила Ирак с потенциальными союзниками – Сирией и Египтом. Израиль обладал не только современной армией, но и ядерным

и химическим оружием, хотя никогда не подтверждал его наличие¹¹. Война с Израилем обычным оружием привела Ирак к двум тяжелым поражениям – в 1967 г. («Шестидневная война») и 1973 г. («Война судного дня»). К марту 1975 г. Ирак понес сокрушительное поражение в борьбе с курдами, открыто поддерживаемыми вооруженными силами Ирана и тайными поставками трофейного советского оружия из Израиля. Реальный политический вес в такой ситуации могло обеспечить только обладание оружием массового поражения (ОМП) [6].

Поражение в «Войне судного дня» нанесло болезненный удар по самолюбию политических элит арабских стран. В Багдаде ОМП считалось не только средством защиты от оказавшегося более сильным соседа, считавшегося явно недружественным, но и средством сдерживания – в первую очередь Израиля, у которого такое оружие уже было. К тому же Ирак – не первая арабская страна, взявшаяся за разработку химического оружия. Еще раньше этой проблемой озаботились в Египте при президенте Гамале Абдель Насере (1918–1970)¹².

Химическое оружие Ирака и международное право. Ирак ратифицировал Женевский протокол 1925 г. о запрещении использования в войне удушающих, ядовитых или других газов и бактериологических методов ведения войны в 1931 г. Следовательно, до мо-

(дата обращения 01.02.2019).

⁸ Из-за высоких цен на нефть и, соответственно, роста нефтяных доходов Ираку даже не пришлось делать выбора между военными и чисто гражданскими программами – здравоохранением, социальной сферой и инфраструктурными проектами. При этом многие программы жестко контролировались государством, а любая возможная экономическая неэффективность в условиях государственного регулирования экономики компенсировалась высокими нефтяными доходами. К 1980 г. у Ирака не было внешнего долга. Более того, около 35 млрд долларов Ирак держал в иностранных активах. Однако с началом войны с Ираном эти деньги разошлись очень быстро. Война оказалась для страны разорительной – девять лет стоили Ираку 54,7 млрд долларов, которые пошли только на закупку вооружений за период с 1980 по 1989 г. После войны у Ирака накопилось краткосрочных долгов западным кредиторам в размере примерно 35–45 млрд долларов. Эти долги Ирак так никогда и не выплатил. Интересна их структура. Большая часть иракских долгов – это западные кредиты, предоставленные на военные цели. Страны Персидского залива – Саудовская Аравия, Кувейт, и Объединенные Арабские Эмираты предоставили дополнительно от 30 до 40 млрд долларов финансирования на войну с Ираном [10].

⁹ Объемы производства сырой нефти по странам по данным ОПЕК, млн. бар./сут. см. <https://www.opec.org/library/Annual%20Statistical%20Bulletin/interactive/2009/FileZ/XL/T36.HTM>, <http://don.geddis.org/bets/peakoil/eia-doe-1960-2006.html> (дата обращения 01.02.2019).

¹⁰ What military weapons did the last Shah of Iran order and buy from US prior to 1979 revolution? How much of it was delivered to Iranians? <https://www.quora.com/What-military-weapons-did-the-last-Shah-of-Iran-order-and-buy-from-US-prior-to-1979-revolution-How-much-of-it-was-delivered-to-Iranians> (дата обращения 03.02.2019).

¹¹ Служба внешней разведки России считает, что Израиль обладает ядерным и химическим оружием. См.: «Новый вызов после «холодной войны»: распространение оружия массового уничтожения». <http://svr.gov.ru/material/2-13-6.htm> (дата обращения 10.01.2019 г.).

¹² Египет стал первой страной на Ближнем Востоке, которая начала военно-химическую программу. Интерес Египта к химическому оружию был вызван строительством Израилем ядерного реактора в Димоне в 1958 г. Хотя размер химического арсенала Египта никогда не был известен, по некоторым оценкам, к началу нулевых годов он мог быть аналогичен размеру химического арсенала Ирака до войны в Персидском заливе. См. Chemical Weapons Program // FAS. 1999. October 02: <https://fas.org/nuke/guide/egypt/cw/> (дата обращения 10.01.2019). Подробнее о химическом оружии на Ближнем Востоке [11–16].

мента применения химического оружия он Женевский протокол 1925 г. не нарушал¹³.

Производство Ираком боевых отравляющих веществ. Химическое оружие стало первым направлением в создании иракского ОМП. В 1960-х гг. в составе вооруженных сил Ирака был сформирован специальный Химический корпус (Chemical Corps). Первоначально его задачи не выходили за пределы традиционных для такого рода структур – обеспечение ядерной, химической и биологической безопасности, защита от ядерного, химического и биологического оружия вероятных противников.

Обучение офицеров Химического корпуса проходило за рубежом, в том числе в СССР. Общие представления о химическом оружии иракские военные получили в военно-учебных заведениях Европы, США и стран «социалистического лагеря». Этого, однако, оказалось недостаточным для налаживания его собственного производства.

Еще в 1971 г., в период правления президента Ахмеда Хасана аль-Бакра (1914–1982)¹⁴, в северо-восточном пригороде Багдада был создан химический лабораторный комплекс ар-Рашад (*Al Rashad*)¹⁵, где стали проводить синтез ОВ в лабораторных масштабах. В 1974 г. в целях отработки полупромышленных технологий синтеза ОВ в пригородах Багдада организован *Институт аль-Хазен ибн аль-Хайсам* (*Al Hazen Ibn Al Haitham Institute*)¹⁶, который формально подчинялся Министерству высшего образования и научных исследований Ирака. Участие военного ведомства в НИР этого института не афишировалось. Одной из задач этого института было установление легальных контактов и деловых отношений с крупнейшими мировыми поставщиками лабораторного оборудования, аналитических приборов, экспериментального и промышленного оборудования, а также прекурсоров, необходимых для производства ОВ. Такого рода

контакты были налажены с почти 30 крупными иностранными организациями и компаниями, в которых не могли не понимать, что, кому и зачем они поставляют¹⁷.

К 1975 г. в Институте аль-Хазен, используя открыто опубликованные сведения и заранее закупленное за рубежом оборудование и прекурсоры, удалось в лабораторных количествах синтезировать иприт, табун и зарин. В 1976 г. было приобретено оборудование, необходимое уже для масштабного производства ОВ. Кроме того, после достижения прогресса в области синтеза ОВ Институт аль-Хазен расширил свою химическую базу в *ар-Рашаде* и начал строить пилотные и промышленные установки по производству ОВ на новом участке, расположенном в отдаленной пустынной зоне к югу от города Самарра. В их числе были и те рецептуры, которые получают кодовые наименования Р-8, Р-7, Ахмед 2 и 3. Генеральным подрядчиком строительства была Иракская государственная компания по строительным проектам (*Iraq's State Company for Construction Projects*), позже известная под общим названием «Предприятие аль-Фао» (*Al Fao General Establishment*), аффилированная с Государственной организацией технической промышленности (*State Organization for Technical Industries, SOTI*). Заводы Р-7 (производство табуна/зарина) и Р-8 (производство иприта) были спроектированы иракцами, мультипрекурсорные заводы Ахмед 2 и 3 – иностранной компанией по контракту с Институтом аль-Хазен.

Однако в реальности успехи сотрудников Института аль-Хазен оказались достаточно скромными. В промышленных масштабах им удалось освоить только известную технологию производства иприта. В отношении остальных ОВ у них была простодушная уверенность в том, что лабораторные (граммы) и опытно-промышленные наработки (килограммы) они быстро доведут до промышленного масштаба

¹³ Этот документ запрещал только применение химического оружия, но не его производство и накопление. Подробнее см. [17].

¹⁴ Саддам Хусейн с 1969 г. был заместителем президента аль-Бакра. Его должность так и называлась – «господин заместитель».

¹⁵ В честь Абу Джафара Харуна ибн Мухаммада, более известного как Харун ар-Рашид (англ. Harun al-Rashid; 766–809), – арабского халифа, правителя Аббасидского халифата. Период его правления ознаменовался экономическим и культурным расцветом халифата. Основал в Багдаде университет и библиотеку.

¹⁶ По имени Абу Али аль-Хасана ибн аль-Хасана ибн аль-Хайсана аль-Басри (англ. Ibn al-Haytham; 965–1039) – арабского ученого, внесшего значительный вклад в развитие математики, механики, физики и астрономии. В средневековой Европе упоминался как Alhazen (Альхазен).

¹⁷ Догадаться было не трудно. Иракцами закупалось оборудование для химического синтеза в сочетании с различными аналитическими приборами, позволяющими следить за качеством продуктов на всех стадиях синтеза ОВ. В 1970-е гг. были закуплены приборы для ультрафиолетовой (УФ) и инфракрасной (ИК) спектроскопии, газовой хроматографии (ГХ), ядерного магнитного резонанса (ЯМР) и др. Одновременно осуществлялись закупки килограммовых количеств химических соединений, известных в основном как ОВ, реакторы до 3 м³, футерованные сосуды, необходимые для производства ФОВ и многое другое.

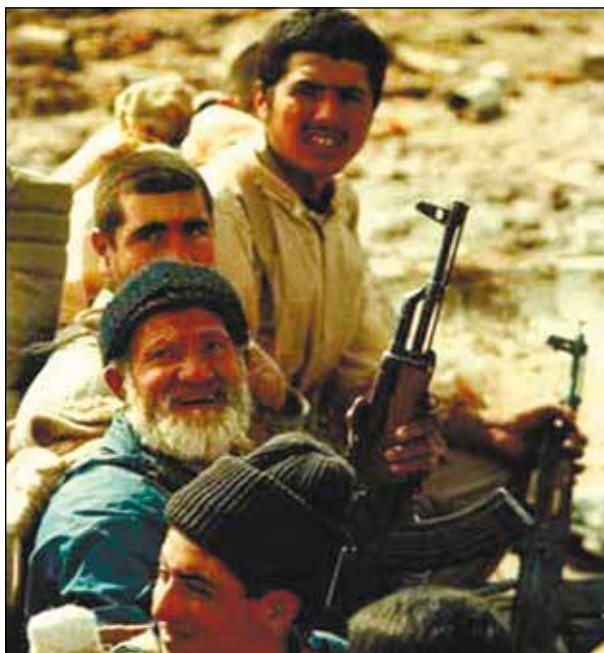


Рисунок 1 – Подростки и пожилые люди из иранского народного ополчения¹
(«Людские волны» состояли из подростков и пожилых людей, входивших в народное ополчение. Они с фанатичным героизмом массами шли на минные поля и пулеметы, своими жизнями расчищая путь для регулярных войск. На снимке – судя по переполненному окопу, эти люди готовятся к атаке)

¹ Фотография с сайта <https://mannaismayaadventure.com/2011/07/20/iran%E2%80%93iraq-war/> (дата обращения 01.02.2019 г.).

(тонны), так как *общий ход синтеза* этих ОВ им казался понятным.

Для этого периода становления военно-химической программы Ирака характерна неопределенность. У ее руководителей не было четких представлений о том, в каком направлении должно идти развитие химического оружия.

В начале 1979 г. Институт аль-Хазен был расформирован, причем нескольких сотрудников арестовали за научное мошенничество. Были заморожены и работы по завершению строительства производственных предприятий в Самарре. В период с 1979 г. по 1981 г. разведывательные службы Ирака предпринимали попытки собрать дополнительную информацию о технологиях и «ноу-хау» по производству химического оружия, однако собственных разработок по созданию химических боеприпасов и средств их доставки к цели в стране не велось.

¹⁸ Innovations and initiatives in the 2011 national population and housing census. https://web.archive.org/web/20151223181433/http://unstats.un.org/unsd/demographic/sources/census/2010_PHC/Iran/Iran-2011-Census-Results.pdf (дата обращения 10.01.2019 г.).

¹⁹ См.: Population Census. Central Organization for Statistics. http://cosit.gov.iq/AAS/AAS2012/section_2/test.htm и Population Of Iraq For The Years 1977–2011 (000). Central Organization for Statistics <http://cosit.gov.iq/AAS/>



Рисунок 2 – Схема расположения объектов химической программы Ирака (по состоянию на 1991 г.) [10]

С началом войны с Ираном (22 сентября 1980 г.) ситуация на объектах по производству ОВ поменялась не сразу. Саддам Хусейн и иракское командование, принимая решение о начале войны с Ираном, не ожидали, что страна, только что пережившая крупные политические потрясения исламской революции, окажет им мощное сопротивление. Они, кроме того, не ожидали, что Иран не пойдет на примирение, когда ему это предложат. Ситуация на фронте ухудшалась для иракцев еще и в связи с иранскими кровопролитными контрнаступлениями (январь и сентябрь 1981 г.). Шокирующей для иракских военных оказалась и используемая с ноября 1981 г. иранским командованием тактика «людских волн» – в Багдаде не ожидали, что в конце XX в. можно воевать таким образом, т.е. буквально заваливать противника трупам. Угроза военного поражения Ирака стала реальностью (рисунок 1).

Для затяжной войны с Ираном Ираку не хватало людских ресурсов – даже простая численность населения двух стран была несопоставима. Только по официальным данным, переданным в ООН Статистическим центром Ирана, численность населения страны по переписи 1976 г. составляла 33,7 млн человек, а по переписи 1986 г. – 49,5 млн человек¹⁸. Население Ирака на 1987 г. составляло 16,3 млн человек¹⁹. Людские ресурсы на фронте иракское

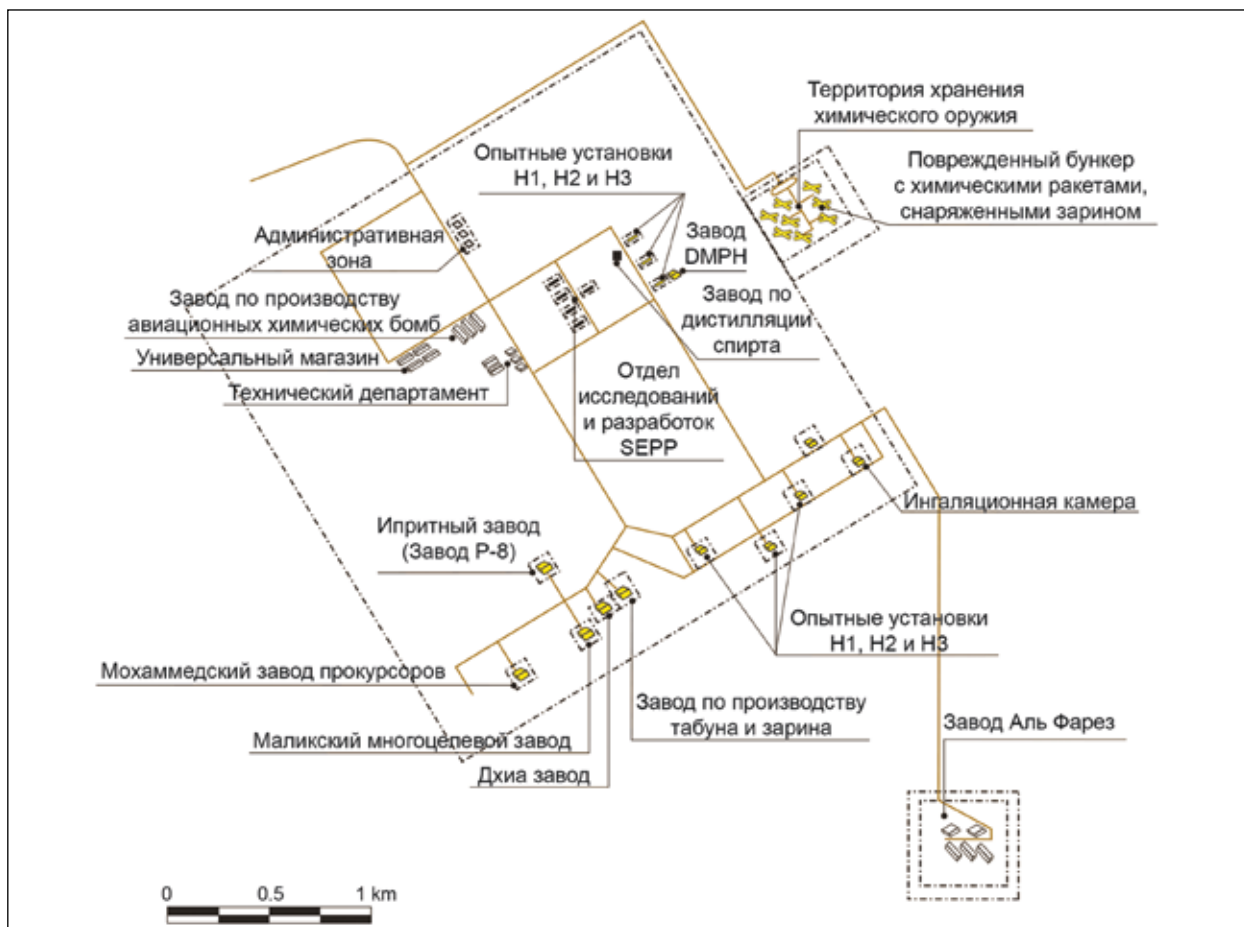


Рисунок 3 – Объекты «Государственного предприятия по производству пестицидов» в Самарре, SEPP/MSE (1991 г.).

(Площадь – 5х5 км, объект располагался в пустыне примерно в 20 км к югу от города Самарра) [19]

командование решило заменить химическим оружием, это был, как им тогда казалось, выход из ситуации, но тем самым они нарушили Женевский протокол 1925 г.²⁰

На имевшихся к началу войны производственных мощностях оказалось невозможно производить более сотни килограммов иприта в сутки, что было заведомо недостаточно для нужд военных. Кроме того, в Ираке отсутствовало оборудование для производства и заполнения химических боеприпасов. Рабочие заливали ОВ в снаряды вручную из шланга.

Поэтому в первой половине 1981 г. в министерстве обороны Ирака была разработана

масштабная программа по производству химического оружия, названная Проектом 922 (Project 922).

Для привлечения зарубежных подрядчиков и поставщиков оборудования, технологий и материалов, не раскрывая при этом истинного назначения Проекта 922, в августе 1981 г. из объектов в Самарре и химического комплекса *ар-Рашид* был сформирован новый научный центр – «Государственное предприятие по производству пестицидов» (State Establishment for Pesticide Production, SEPP). С 1987 г. центр назывался «Государственное предприятие аль-Мутанна» (Muthanna State Establishment, MUTHANNA, MSE).

AAS2012/section_2/1.htm (дата обращения 10.01.2019 г.).

²⁰ Ажиотажа на Западе тогда нарушение Ираком Женевского протокола 1925 г. не вызвало. Применение химического оружия иракской армией против Ирана и их союзников курдов как бы не замечали, несмотря на настойчивые заявления иранских дипломатов в ООН [6]. Когда уже стало невозможно «не замечать», США заблокировали осуждение химических атак Ирака в Совете Безопасности ООН. США были единственной страной, проголосовавшей против заявления Совета Безопасности 1986 г., осуждающего использование Ираком иприта против иранских войск. См. The Iran-Iraq War: Serving American Interests. By: The Research Unit for Political Economy (R.U.P.E.), Mumbai (Bombay), India. http://www.iranchamber.com/history/articles/iran_iraq_war_american_interest.php/ (дата обращения 01.02.2019 г.).

Производство сельскохозяйственных химикатов – удобрений, пестицидов, гербицидов и фунгицидов – было выбрано в качестве прикрытия военно-химической программы по следующим причинам: Ирак имел законную потребность в производстве сельскохозяйственных химикатов; технологическое оборудование, необходимое для их производства, конструктивно (с точки зрения возможности масштабного производства, а также коррозионной стойкости) пригодно для производства ОВ; сырье для производства сельскохозяйственных химикатов может использоваться в качестве прекурсоров для производства ОВ; международных правил, запрещающих закупку такого оборудования и сырья, в то время не существовало²¹.

В 1985 г. SEPP/MSE в 15–20 км к северу от города Фаллуджа основало еще три объекта для получения прекурсоров, необходимых для производства ОВ и коммерческих продуктов. Они назывались Фаллуджа 1, 2 и 3. Частично запустить удалось только объект Фаллуджа 2, производивший тионилхлорид – прекурсор для производства другого прекурсора – метилфосфонилдихлорида, необходимого для производства зарина.

Перечень, хронология создания и назначение иракских объектов, задействованных в Проекте 922, приведены в таблице 1. На рисунке 2 показана схема расположения объектов химической программы Ирака, на рисунке 3 – схема расположения объектов на территории SEPP/MSE в Самарре (на 1991 г.). На рисунках 4–6 – отдельные объекты SEPP/MSE в Самарре. На рисунке 7 показан объект Фаллуджа 2.

Из общего количества произведенных химических ОВ, составлявшего примерно 3850 т, примерно 3300 т были использованы для снаряжения авиационных бомб, артиллерийских снарядов и ракетных боеголовок. В 1981 и 1982 г. было произведено неустановленное (вероятно небольшое) количество химического оружия. В период с 1981 по 1991 г. Ирак снарядил ОВ около 130 тыс. химических снарядов. Из них в период с 1981 по 1988 г. в боевых действиях была использована 105 тыс. химических снарядов. К январю 1991 г. в Ираке оставалось около 28,5 тыс. химических боеприпасов разных типов. Примерно 5,5 тыс. снаряженных боеприпасов из этого

количества были уничтожены коалиционными силами в ходе войны в 1991 г. [18].

Сведения о производстве ОВ по годам, а также о количестве ОВ, использованного для снаряжения боеприпасов, приведены в таблице 2. Сведения по физико-химическим и токсическим свойствам ОВ, производившихся Ираком, приведены в таблице 3.

В рамках программы получения ХО иракские специалисты исследовали возможность синтеза сернистого иприта, азотистого иприта, люизита, табуна, циклозарина, этилзарина, тиозарина, VX и его аналогов, хлорциана, BZ, адамсита, CS. Однако до промышленного (или полупромышленного) производства были доведены только табун, иприт, зарин/циклозарин и VX [20]. Собственных технологий промышленного производства ОВ Ирак не разрабатывал, а пытался лишь воспроизвести в промышленном масштабе способы, известные из доступной зарубежной научной литературы и патентов, используя прекурсоры, закупаемые за рубежом [19, 21]²². В этом иракским химикам активно помогали американские и германские корпорации и масса посредников разных национальностей и гражданства.

Посредники и поставщики. Диапазон поставщиков и посредников варьировался от огромных международных корпораций, таких как Hoechst AG из Германии, до малоизвестных и сомнительных юридических лиц. Среди них были как те, кто производил прекурсоры, так и те, кто их продавал Ираку на черном рынке. Их объединяло сильное желание делать деньги. Большая часть прекурсоров для производства химического оружия поступила от посредников из Сингапура (4515 т), Нидерландов (4261 т), Египта (2400 т), Индии (2433 т) и Западной Германии (1027 т). В Сингапуре делала деньги на погибших курдах и иранцах скромная и мало кому известная фирма Kim Al-Khaleej из Объединенных Арабских Эмиратов (прекурсоры для получения VX, зарина и иприта, плюс оборудование для их производства). Индийская компания Exomet Plastics отправила в Ирак 2292 т прекурсоров²³. Большой вклад в развитие иракского химического оружия внесли

²¹ Объект в Самарре строили гессенские компании Karl Kolb GmbH, Pilot Plant и еще более 40 других немецких компаний. См. Halabja 1988: Largest poison gas massacre of civilians since the Second World War German and European firms were involved. <https://web.archive.org/web/20130806082700/http://www.gfbv.de/pressemit.php?id=1210&PHPSESSID=bf9ba5ba3fad8ca3b89b60627a8f9498> (дата обращения 01.02.2019 г.). В Израиле прекрасно знали об участии фирм из ФРГ в совершенствовании иракского химического оружия и в увеличении дальности полета ракеты «Скад», и не замедлили получить в 1991 г. с ФРГ 700 млн долларов военной и 165 млн долларов гуманитарной помощи. Разумеется, для защиты от иракского ОМП [6].

²² Более подробно о лабораторных технология синтеза этих ОВ см. в работе S. Franke [22].

²³ Схему поставок прекурсоров см. <https://web.archive.org/web/20060504214128/http://www.iraqwatch.org/suppliers/nyt-041303.gif> (дата обращения 01.02.2019 г.).

Таблица 1 – Перечень, хронология создания и назначение иракских объектов, задействованных в Проекте 922*

Объект, место расположения, год создания	Основные направления деятельности	Деятельность объекта во время войны
Ар-Рашад (Al Rashad) – химический лабораторный комплекс в северо-восточном пригороде Багдада, 1971 г.	С 1971 по 1973 г. – наработка лабораторных количеств иприта, табуна и CS	К концу 1973 г. комплекс состоял из четырех секций, которые работали с фосфорорганическими ОВ (ФОВ), кожно-нарывными ОВ, инкапсантами и дефолиантами. Там же проходила подготовка национальных кадров для будущих исследований и производства химического оружия, а также наработка стандартных образцов ОВ для калибровки аналитического оборудования. В 1981–1982 гг. комплекс ар-Рашад производил до нескольких сотен кг сернистого иприта в сутки
Институт Аль-Хазен ибн аль-Хайсам (Al Hazen Ibn Al Haitham Institute) – три центра, расположенных вокруг Багдада, штаб-квартира, 1974–1978 гг.	Разработка технологий промышленного и полупромышленного производства ОВ	В период с 1974 по 1978 г. в институте достигнут значительный прогресс в промышленном производстве иприта, в полупромышленном масштабе – табуна и, в некоторой степени, зарина. После закрытия института его основные производства и кадры были подчинены SEPP/MSE и перемещены в Самарру
SEPP/MSE. Завод Р-8. Другие названия: Ипритный завод (Mustard plant), завод Bin Hay 1 (после 1987 г.) (1983 г.), Самарра	Производство иприта, неудачная попытка освоения технологии производства VX	Иприт производился с 1983 по 1988 г., а также с начала 1990 по январь 1991 г. Производство началось с использования двух реакторов, способных производить 750 кг иприта за цикл. В 1984 г. завод был модернизирован установкой еще двух реакторов, каждый из которых способен производить до двух тонн иприта за цикл. В 1987 г. еще два реактора довели производительность завода до 8 т/сут. В конце 1990 г. производительность завода по иприту составляла 8 т/сут. В декабре 1987 г. на заводе была произведена одна пробная партия VX, однако неудачно
SEPP/MSE. Завод Р-7. Другие названия: Завод по производству табуна и зарина (Tabun/Sarin production plant), Mutassim 4 (после 1987 г.) (1983 г.), Самарра	Заключительные стадии производства табуна/зарина	Зарин производился в 1984, 1985 и 1988 гг., а также с начала 1990 по январь 1991 г. Объем каждой партии составлял до 600 кг зарина. Табун нарабатывался в 1985 и 1986 г. с использованием двух реакторов 1 т/сут. Объем партии – около 500 кг.
SEPP/MSE. Многоцелевые заводы по производству прекурсоров (Multipurpose precursor plants). Другие названия: Ахмед 1 и 2 (Ahmed 1 and Ahmed 2 plants), Mutassim 2 (после 1987 г.), Самарра	Производство прекурсоров для получения табуна и зарина	Заводы начали производство прекурсоров для зарина и табуна в 1983 г. и продолжали функционировать до 1987 г. Они производили диметилфосфорамидодихлорид (dimethylphosphoro amidodichloride, D4), метилфосфонилдихлорид (methylphosphonyldichloride, MPC), метилфосфонилдифторид (methylphosphonyldifluoride, MPF), а также прекурсор MPC – диметилметилфосфонат (dimethylmethylphosphonate, DMMP). Максимальная производительность – до 2 т/сут
SEPP/MSE. Ахмед 3. Другое название – Мутасим 2 (после 1987 г.). (1987 г.), Самарра	Получение прекурсоров для увеличения производства табуна и зарина	Завод спроектирован и построен с использованием запасных частей и оборудования, ранее поставленного иностранной компанией для строительства заводов Малик (Malik) и Дхиа (Dhia). На заводе были установлены два реактора. В 1988 г. завод Ахмед 3 начал производство MPC из DMMP. В 1990 г., после того, как был импортирован TMP, использовавшийся для местного производства DMMP, завод был использован для перегонки PCl_3

Объект, место расположения, год создания	Основные направления деятельности	Деятельность объекта во время войны
SEPP/MSE. Опытные установки Н1, Н2 и Н3 (Н1, Н2 and Н3 pilot plants.) Другое название – Mutassim 1 (после 1987 г.), (1983 г.), Самарра	То же	Строительство трех пилотных установок началось в 1981–1982 гг. Они предназначались для оптимизации производства ключевых прекурсоров, использовавшихся для производства табуна и зарина на заводах Ахмед 1 и 2. Прекурсор табуна – D4 – получали с использованием импортных диметиламина гидрохлорида (dimethylamine hydrochloride) и хлорокисид фосфора (phosphorus oxychloride). Прекурсор зарина, циклозарина и VX – MPC – получали с использованием DMMP и тионилхлорида (thionylchloride). Установки Н1 и Н2 были запущены в 1983 г. для разработки и оптимизации технологии производства прекурсоров D4, DMMP и MPC. После 1984 г. их использовали для производства этих прекурсоров. Экспериментальная установка Н3 начала функционировать в 1985 г. Она производила прекурсоры зарина – DMMP и MPF с 1985 по 1987 г. В 1988 и 1990 г. на Н3 получали MPF, зарин и циклозарин
SEPP/MSE. Завод Мухаммад (Mohammed plant), Другое название – Mutassim 3 (после 1987 г.), (1982 г.) Самарра	Многоцелевой завод по производству D4, MPC, MPF	Создан для увеличения количества производимого ОВ. В 1985 и 1986 гг. завод производил D4 в количестве 1,5 т/сут. В 1987 г. на заводе установлены еще два реактора для производства дополнительных количеств табуна. В 1988 и 1990 г. завод производил MPC для удовлетворения растущего спроса на зарин. В 1987–1988 гг. на заводе из MPC и пентасульфида фосфора (phosphorus pentasulphide) было произведено несколько партий метилфосфонилдихлортионита (methylphosphonyldichlorothionite, MPS) – прекурсора VX
SEPP/MSE. Завод аль-Фариз (Al Fareez Plant). Другое название – завод Салах ад-Дин (1983 г.), Самарра	Наработка агента CS и снаряжение им боеприпасов	Небольшой производственный блок. Построен с использованием избыточного оборудования, поставляемого иностранными поставщиками для строительства других крупных установок по производству ХО. CS производился с 1983 г. С 1983 по 1985 г. на заводе вручную снаряжались 130-мм и 155-мм химические снаряды
SEPP/MSE. Завод по дистилляции алкоголя (Alcohol distillation plant) (1984 г.), Самарра	Для получения абсолютного этанола из 95% этанола, необходимого заводу Р-7 для получения табуна	Построен для SEPP иностранной компанией. Состоял из двух идентичных дистилляционных установок мощностью 15 л/ч каждая. Однако завод не смог наработать продукт с чистотой выше 97,5% из-за низкого качества местного сырья. Для производства табуна использовался только импортированный абсолютный спирт
SEPP/MSE. Территория хранения химического оружия (CW storage area) (1981–1983 гг.), Самарра	Для временного хранения заполненных химических боеприпасов и их компонентов	Складская зона, состоящая из восьми железобетонных бункеров с системой кондиционирования воздуха и контроля температуры
SEPP/MSE. Исследовательские лаборатории (Research laboratories) (1982–1984 гг.), Самарра	Контроль качества ОВ и химических боеприпасов.	Пять лабораторных зданий были спроектированы и оборудованы иностранной компанией для отдела исследований и разработок SEPP (R&D department of SEPP). Они включали в себя несколько лабораторий химического синтеза, а также секцию токсикологической оценки ОВ с виварием и аналитической лабораторией.

Продолжение таблицы 1

Объект, место расположения, год создания	Основные направления деятельности	Деятельность объекта во время войны
SEPP/MSE. Ингаляционная камера (Inhalation chamber). Другое название – Heberger 4, Самарра	Токсикологическая оценка действия ОВ при ингаляционном поражении	Ингаляционная камера была установлена в отдельном здании отдела исследований и разработок (R&D department)
SEPP/MSE. Завод по производству авиационных химических бомб (Aerial bomb production factory). Другое название – Завод Насира (Nasser Factory) (1986 г.), Самарра	Модификация обычных бомб в химические	Ввозимое оборудование в основном включало различные прессы и сварочные, режущие и сверлильные станки. Импортируемое сырье включало полуфабрикаты из металла, необработанные кованые детали и набор пресс-форм для формовки компонентов бомб
SEPP/MSE. Завод Дхиа (Dhia plant), после 1987 г. – Бин Хаян 3 (Bin Hayan 3) (1987 г.), Самарра	Производство зарина, VX и их прекурсоров	Для производства зарина и его прекурсоров завод оказался мало пригодным. В мае 1988 г. его модифицировали для производства VX и его прекурсоров. В первой половине 1988 г. на заводе были произведены три партии MPS, около 2 т, а также три партии VX, около 1,7 т. Еще две партии около 1,5 т VX произведены в апреле 1990 г. В 1990 г. завод произвел MPC, получив диметилфосфит (DMPH) из доступных запасов PCl_3 . Этот метод был применен для импортозамещения триметилфосфита (TMP). Завод находился в рабочем состоянии до января 1991 г., пока его не разбомбили союзники
SEPP/MSE. Многоцелевой завод Малик (Malik multipurpose plant), после 1987 г. – Бин Хаян 2 (Bin Hayan 2). (1986 г.), Самарра	Производство табуна и прекурсоров для получения VX и зарина	Первые партии табуна произведены в 1986 г. В 1987 г. началось производство DMMP, использовавшегося для производства прекурсора MPN, предназначенного для получения зарина на заводах «Ahmed». С 1987 по 1989 г. завод произвел около 60 т диизопропиламиноэтанола (diisopropylaminoethanol, иракский холин) и дистиллированного MPS – основных прекурсоров для производства VX. Оба прекурсора были использованы в 1988 г. для производства VX на установке на заводе Дхиа. В 1988 г. была предпринята одна попытка получить VX, однако она не удалась
SEPP/MSE. Завод DMPH (DMPH plant) (1988–1989 гг.), Самарра.	Производство DMPH (прекурсор зарина) из PCl_3 .	Построен на территории завода Ahmed 3. Производство DMPH начато во второй половине 1989 г. DMPH использовали для производства инсектицидов, таких как Дептрикс (Deptrix), или переводили в пиррофосфат (pyrophosphate), из которого получали MPC, а затем зарин на заводе P7. С 1989 по январь 1991 г. произведено 75 т DMPH
SEPP/MSE. Завод ат-Тахадиди (Al Tahadi plant), (конец 1990 г.), Самарра	Производство DMPH	Хотели построить завод, аналогичный заводу DMPH (см. выше), но не успели
Фаллуджа 1 (Fallujah 1), (1985–1987 гг., объект не достроен). Расположен в 15–20 км к северу от города Фаллуджа	Многоцелевой завод	Не работал. С окончанием ирано-иракской войны строительство завода прекратилось
Фаллуджа 2 (Fallujah 2), другие названия: Хлорный завод (Chlorine production plant), Завод аль-Мамун (Al Mamun plant). (1986–1987 гг.), Фаллуджа	Производство тионилхлорида (thionyl chloride) – хлорирующего агента, используемого для производства метилфосфонилдихлорида (MPC) и сернистого иприта	Тионилхлорид получали из хлорида серы (sulphur chloride) и триоксида серы (sulphur trioxide). Его дистилляция проводилась на месте. С 1988 по 1989 г. в аль-Мамуне было произведено около 70 т тионилхлорида, который использовался для производства MPC на заводах Dhia и Ahmed в 1990 г. Планировалось производство хлора и $PCl_3/POCl_3$, но эти планы не были осуществлены

Объект, место расположения, год создания	Основные направления деятельности	Деятельность объекта во время войны
Фаллуджа 3 (Fallujah 3), другое название – завод аль-Фарук (Al Farouk plant). (1987 г.). Объект был расположен в 80 км к северо-западу от Багдада; в 35 км к юго-западу от аль-Мутанны	Производство пестицидов и гербицидов, а также хранилище для прекурсоров ОВ	Завод не работал
*По данным экспертов ООН [19].		



Рисунок 4 – Общий вид одной из экспериментальных установок Н1, Н2 и Н3 в Самарре [19]
(Спроектированы, построены и оснащены оборудованием иностранными компаниями в период 1983–1985 гг., т.е. уже во время войны. Предназначались для производства прекурсоров, используемых для получения табуна и зарина. Установки бункерного типа, частично расположены под землей. Надземная часть была покрыта землей. Один главный вход и один аварийный выход. Шлюз-система установлена у главного входа в бункер. Система вентиляции заменяла воздух в здании от 10 до 25 раз/ч. В рабочей зоне создавалось отрицательное давление. Исходящий поток воздуха не очищался)



Рисунок 5 – Бункеры временного хранения химического оружия в Самарре [19]
(Полуподземные сооружения, напоминают усеченную пирамиду. Основное хранилище заглублено на 5 м ниже уровня земли, размеры – 60х18х10 м. Стены и крыша сооружения из железобетона толщиной 1 м. Кровельная плита была покрыта трехметровым слоем песчаной глины. Каждый бункер имел два боковых входа, которые позволяли персоналу добраться до основной камеры. Основное хранилище было защищено от внешних взрывов усиленными дверями. Имелись аварийный генератор, топливный бак, компрессор и охлаждающий блок)

Таблица 2 – Сведения о производстве и количестве использованных для снаряжения боеприпасов отравляющих веществ, произведенных SEPP/MSE, тонны*

Отравляющее вещество	Годы									
	1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988	1989	1990**
VX	–	–	–	–	–	–	–	2,4	Нет данных	1,5
Зарин/ циклозарин	–	–	–	5	30 (24)	40 (15)	209 (122)	394 (507)		117 (67)
Табун	–	–	–	60 (60)	70 (69)	80 (10)	–	–		–
Сернистый иприт	10	75	150 (63)	240 (187)	350 (252)	350 (299)	899 (1052)	494 (410)		280 (182)
<i>*В скобках указано количество снаряженного в боеприпасы ОВ [19].</i> <i>** После вторжения в Кувейт.</i>										



Рисунок 6 – Руины завода Дхиа для производства VX и его прекурсоров. Снимок сделан в июне 1994 г. [19]

американские компании Bechtel Carl Zeiss-U. Ss, Hewlett Packard, Honeywell, Rockwell, Spektra Physics, Sperry Corp., TI Coating, UNISYS²⁴.

До 1984 г. международного контроля за торговлей с Ираком «химикатами двойного назначения», т.е. теми, которые могли быть использованы для производства ХО (в том числе тиодигликолем), не существовало. Это позволяло Багдаду закупать их для своей химической программы вполне легально у иностранных поставщиков. Представители иракского правительства напрямую обсуждали и заключали контракты с зарубежными поставщиками. Все платежи проводились через Центральный банк Ирака, средства переводились на счета фирм-поставщиков в соответствующих иностранных банках.

После 1984 г., когда применение Ираком химического оружия в войне с Ираном было неопровержимо доказано международными экспертами, направленными в регион Генеральным секретарем ООН, ряд стран ограничил экспорт прекурсоров в Ирак, однако поставки это не остановило. Особенно «принципиальных» поставщиков сменили на других, менее щепетильных. В 1985 г. группа стран во главе с Австралией образовала неформальный форум по экспортному контролю, позднее получивший название «Австралийская группа». Ее основной целью был обмен информацией в части, касающейся нераспространения применительно к Ираку. Также были сформированы списки прекурсоров (изначально 50 наименований, позднее – 63 наименования) и оборудования для химического производства, подлежавших экспортному контролю.

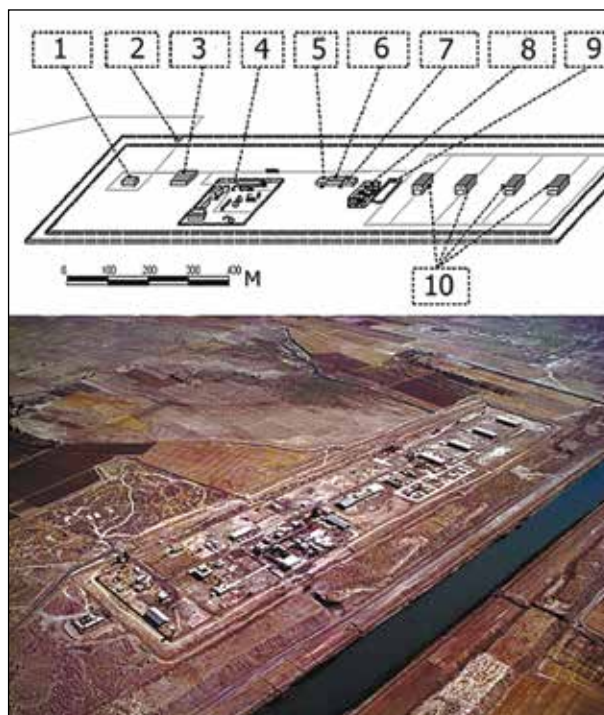


Рисунок 7 – Объект Фаллуджа 2 [19]
(1. Автопарк. 2. Караульное помещение. 3. Административный корпус. 4. Хлорный завод (не работает). 5. Цех для производства SO₂ и SO₃. 6. Цех для производства тионилхлорида. 7. Цех для производства MPC/MPF (не достроен). 8. Цех для производства PCl₃/POCl₃ (не работает). 9. Цех для производства триметилфосфита (не достроен). 10. Склады)

В ответ в Багдаде вынуждены были изменить схемы приобретения прекурсоров. Вопросы импорта прекурсоров были изъяты из ведения чисто военных структур, занимавшихся закупками для нужд армии, и переданы в гражданские структуры – в частности, в Министерство нефти Ирака. Кроме того, вместо приобретения прекурсоров напрямую у иностранных производителей Ирак стал делать это через сеть посредников. Их деятельность имела характер видимой легальности. Однако в их задачу входила маскировка истинных целей, характера и направления поставок. Такие «серые схемы» быстро привели к созданию целой разветвленной сети посредников – производителей, банкиров, «зиц-председателей» и т.д. – из третьих стран. Это привело к весьма значительному росту цен на поставляемые таким способом химикаты, поскольку каждый посредник хотел получить свою долю [27].

Уже в 2005 г. в Нидерландах состоялся громкий судебный процесс над одним

²⁴ Германская газета Die Tageszeitung (Berlin daily). 2002. 18 декабря сообщила о десятках компаний США, участвовавших в разработке иракского ОМП. Здесь перечислены только компании «химического направления». См. The Iran-Iraq War: Serving American Interests. By: The Research Unit for Political Economy (R.U.P.E.), Mumbai (Bombay), India. http://www.iranchamber.com/history/articles/iran_iraq_war_american_interest.php/ (дата обращения 01.02.2019 г.).

Таблица 3 – Физико-химические и токсические свойства отравляющих веществ, произведенных Ираком во время ирано-иракской войны*

Свойство	Иприт (дистиллиро- ванный)	Табун	Зарин	Циклозарин	VX
Температура кипения, °C	227	230	158	239	298
Температура затвердевания, °C	14,5	-50	-56,1	-12,2	-39
Давление пара, мм Нг при $t = 20\text{ }^{\circ}\text{C}$	0,07	0,037	2,9	0,044	0,0007
Плотность пара по отношению к воздуху	5,4	5,6	4,86	6,2	9,2
Плотность в жидком состоянии, г/мл	1,27 при $t = 20\text{ }^{\circ}\text{C}$	1,08 при $t = 25\text{ }^{\circ}\text{C}$	1,10 при $t = 20\text{ }^{\circ}\text{C}$	1,1278 при $t = 25\text{ }^{\circ}\text{C}$	1,008 при $t = 20\text{ }^{\circ}\text{C}$
Максимальная концентрация в воздухе (летучесть), мг/м ³ при $t = 25\text{ }^{\circ}\text{C}$	610	610	22000	-	10,5
Внешний вид	Бесцветная жидкость	Бесцветная жидкость	Бесцветная жидкость	Бесцветная жидкость	Прозрачная маслянистая жидкость янтарного цвета
Запах	Чеснока или горчицы	Приятный фруктовый	Без запаха	Без запаха	Без запаха
Растворимость в воде, на 100 г (или в %)	0,092 при $t = 22\text{ }^{\circ}\text{C}$	9,8 при $t = 25\text{ }^{\circ}\text{C}$	Во всех отношениях	3,7 %	5 %
Растворимость в других растворителях	В органических растворителях				
Стойкость заражения почвы (зависит от климатических условий и состава почвы)	Недели	1-1,5 сут (полу- распад)	2-24 ч	Нет данных	2-6 сут
Токсическое действие	Кожно- нарывное	Нервно-паралитическое			
$\text{LCt}_{50(\text{ингал})}$ мгхмин/м ³ (ppm при 2-х мин экспозиции)*	1000	70 (5)	35 (3)	35 (2)	15 (0,7)
$\text{LCt}_{50(\text{кожная})}$ мгхмин/м ³ (ppm при 2-х мин экспозиции)	5000 (30 при 30 мин)	15000 (5)	12000 (1)	3000 (0,2)	150 (0,5)
LD_{50} кожная резорбция, мг/кг	70	15	24	Нет данных	0,1
LD_{50} per os, мг/кг	1-2	5	0,14	Нет данных	0,07

Продолжение таблицы 3

Свойство	Иприт (дистиллиро- ванный)	Табун	Зарин	Циклозарин	VX
Дегазация поверхностей	Водные растворы гипохлорита натрия, гипохлорита кальция, хлорная известь	Водные растворы щелочей, аммиака и аминов	Водные и водно-спиртовые растворы щелочей и аммиака, растворы H_2O_2 в слабощелочной среде	Нет данных	Хлорирующие средства в неводных смесях растворителей
Первое применение по противнику	Август 1983 г.	Март 1984 г. (первое в военной истории боевое применение ФОВ)	1986 г	Нет данных, не ранее середины 1988 г	Не применялся
* По [23–26]. В разных источниках цифровые величины могут различаться. ** Летальная концентрация в частях на миллион (lethal concentration in parts per million, ppm).					

из ключевых «серых» посредников при осуществлении Ираком закупок прекурсоров для производства иприта и нервно-паралитических ОВ – бизнесменом Франсом ван Анраатом [28].

Получение сернистого иприта²⁵. Прекурсоры для получения сернистого иприта (тиодигликоль – 3,2 тыс. т²⁶; тионилхлорид – 5 тыс. т; $PCl_3/POCl_3$ – 4 тыс. т) Ирак закупал за границей. Только 70 т тионилхлорида было произведено в 1988 г. на объекте Фаллуджа 2. Первым процессом, выбранным Ираком для получения сернистого иприта, было хлорирование TDG с использованием тионилхлорида. Этот способ позволял получать иприт высокой чистоты – более 90 % в конечном продукте. Из-за малой доступности тионилхлорида иракские химики выполняли хлорирование TDG с использованием трихлорида фосфора с тем же качеством конечного продукта.

В 1985 г. и 1989–1990 гг., чтобы снизить зависимость от импортных поставок, иракцы начали использовать альтернативные технологии с применением местных материалов: хлорирование TDG с использованием HCl ; реакция этилена с хлоридом серы (SCl_2/S_2Cl_2). Однако при этом возникла проблема сравнительно быстрой полимеризации (образования вязкой смолы) иприта при длительном хранении боеприпасов. Особенно серьезно эта проблема дала о себе знать при хранении авиационных боеприпасов.

Вследствие химических реакций между ипритом и загрязнявшими его реагентами, коррозионных процессов, в боеприпасах повышалось давление, и они давали течь. Таким образом, боеприпасы с «отечественным» ипритом долго хранить было нельзя. В том числе по этой причине во время войны их старались использовать как можно быстрее.

Производство табуна. Впервые табун был синтезирован иракскими химиками в 1982 г. В марте 1984 г. он был обнаружен экспертами ООН в образцах почвы иранского объекта, подвергнувшегося бомбардировке с воздуха. Для синтеза табуна иракские химики использовали способ, основанный на реакции D4 с цианидом натрия и этанолом. Таким образом можно было получить табун высокой чистоты, но только в лабораторных условиях и в таких же масштабах. Получить табун такой же чистоты при его производстве в промышленных масштабах иракцы уже не смогли – конечный продукт содержал в среднем от 50 до 60 % табуна и около 40–50 % растворителя. Не были освоены ни вакуумная дистилляция, ни фильтрация конечного продукта. Также не удалось наладить производство D4 и этилового спирта достаточной чистоты. Производство табуна осуществлялось с регулярными задержками из-за таких проблем, как коррозия и засорение труб, утечка реакционных смесей, отсутствие контроля температуры и др. Максимальная

²⁵ Данные по получению Ираком сернистого иприта, табуна, зарина и VX взяты из отчета ООН [19].

²⁶ Тиодигликоль в основном поставлялся американскими компаниями Alcolac International и Phillips. См. Crogan J. Made in the USA, Part III: The Dishonor Roll // LaWeekly. 2003. 24 апреля. <https://www.laweekly.com/news/made-in-the-usa-part-iii-the-dishonor-roll-2136290> (дата обращения 01.01.2019 г.).

производительность завода Р-7 не превышала одной тонны в день. Основным недостатком процесса получения табуна было отсутствие знаний о том, какие побочные продукты и примеси являются промежуточными и какие могут находиться в конечном продукте без его разложения. Низкокачественный табун оказалось невозможно хранить, поэтому его старались как можно быстрее использовать на поле боя. Производство табуна было прекращено в 1986 г., вместо него на том же объекте начали производство зарина и циклозарина.

Производство зарина и циклозарина. Выбранный иракскими химиками способ получения зарина был хорошо известен из открытой научной литературы и основан на использовании импортного триметилфосфита (ТМР). Однако промышленно произведенный зарин имел неудовлетворительное качество из-за наличия примесей. Он быстро разлагался до нетоксичных производных фосфоновой кислоты. *Воспроизводимость конечного продукта в разных сериях была низкой.* Поэтому иракские военные использовали боеприпасы с зарином сразу после их получения со снаряжательного завода. В 1987–1988 гг. иракскими химиками было обнаружено, что циклогексильный аналог зарина (циклозарин) и его смесь с зарином более токсичны и стабильны, чем сам зарин (см. таблицу 3). Кроме того, можно было использовать одну и ту же производственную линию для получения циклозарина и/или его смеси с зарином. Производство циклозарина и смеси зарина и циклозарина, а также снаряжение этой смесью боеприпасов было начато в первые месяцы 1988 г. В среднем чистота производимых Ираком промышленных зарина и циклозарина составляла 45–60 %. Всего было произведено около 333 т зарина и его смеси, а также 60 т циклозарина. Производство было прекращено в августе 1988 г. Ираку так и не удалось наладить собственное производство прекурсоров зарина достаточной чистоты, за исключением метилфосфонилдихлорида и диметилметилфосфоната. Однако и их производство было освоено только в 1990 г.

Производство VX. В лабораторных количествах VX был получен еще в 1970-е гг. К промышленному получению VX иракские химики подошли в начале 1988 г., но ни один из четырех способов синтеза VX, сведения

о которых удалось почерпнуть из открытой литературы, не удалось масштабировать для производства качественного продукта. Иракцам не хватило понимания крупномасштабной кинетики процесса синтеза VX, не было налажено производство качественных прекурсоров (за исключением холина), не удалось очистить конечный продукт от компонентов реакционной смеси. Иракский VX имел чистоту ниже 30 % и быстро разлагался в боеприпасах. После месячного хранения содержание VX в боеприпасах снижалась до 1 %, поэтому на поле боя их не применяли.

Разработка Ираком химического оружия²⁷. За разработку химического оружия, включая статические и динамические испытания создаваемых боеприпасов, отвечала секция Салах ад-Дин (Salah Al Din)²⁸ департамента исследований и разработок SEPP/MSE. Динамическое тестирование химических боеприпасов согласовывалось с командованием ВВС (авиабомбы) и артиллерийским командованием (артхимснаряды и ракеты). В основном такие испытания проводились с целью: определения способности заряда взрывчатого вещества разрывать боеприпасы и диспергировать ОВ; оценки характеристик полета химических бомб; пригодности имеющихся таблиц для артиллерийской стрельбы для стрельбы химическими снарядами.

Оперативные требования к химическому оружию и средствам доставки определяла Специальная тактическая группа (Special Tactical Group, STG), образованная в 1981 г. в рамках Проекта 922. Эта же группа выбирала цели для химических нападений, определяла типы и количество химических боеприпасов, необходимых для их поражения, а также обеспечивала доставку боеприпасов к линии фронта.

Разработка иракского химического оружия основывалась на переделке обычных боеприпасов в химические. Аэрозолирование ОВ, доставляемого к цели, осуществлялось путем подрыва центрально расположенного заряда взрывчатого вещества (ВВ), как это было сделано в германских химических снарядах конца Первой мировой войны²⁹. Наиболее подходящими для переделки в химические оказались снаряды, использовавшие взрывное распыление дымообразующих средств (дымовые ослепляющие и дымовые целеуказательные) (рисунок 8).

²⁷ По данным, приведенным в ООНовских отчетах [19] и [21].

²⁸ Аль-Малик ан-Насир Салах ад-Дуниа ва-д-Дин Абуль-Музаффар Юсуф ибн Айюб (1138–1193), в русской и западной традиции Саладин – султан Египта и Сирии и др., военачальник, мусульманский лидер XII в., 4 июля 1187 г. в битве при Хитине разбил крестоносцев.

²⁹ Подробно конструкция германских химических снарядов описана в рассекреченном документе британского Генштаба [29].

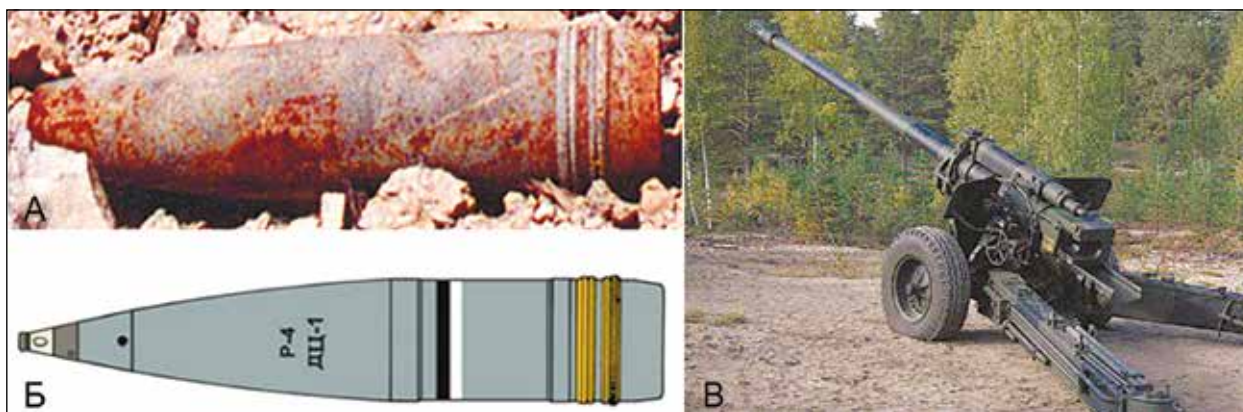


Рисунок 8 – Неразорвавшийся иракский 130-мм химический снаряд, снаряженный ипритом [19]
 (Снаряд (А) переделан иракцами из советского дымового целеуказательного снаряда (Б), предназначенного для пушки М-46 (В). Емкость по ОВ – 1,9 л. Прицельная дальность стрельбы орудия М-46 осколочно-фугасным снарядом достигала 27,5 км. Этого расстояния было достаточно для нанесения ударов ипритными снарядами по штабам и резервам противника, расположенным в первой полосе обороны ближней тактической зоны)

Для ОВ с низкой летучестью в конце войны разрабатывались боеприпасы, использовавшие термическое аэрозолирование, но они не вышли из стадии полигонных испытаний.

В число критически важных компонентов, которые обеспечивали техническую возможность приспособить эти боеприпасы для использования в химическом снаряжении, входили оптимизированные по размеру и форме разрывные заряды, уплотняющие кольца, заливные горловины и контейнеры для ОВ.

Выбор Ираком зарубежных боеприпасов для своей программы создания химического оружия определялся наличием у него соответствующих зарубежных систем доставки – таких, как артиллерийские орудия, реактивные пусковые установки, летательные аппараты и ракетные системы. В начале 1980-х гг. Ирак заключил контракт с иностранной компанией на проведение ряда статических и динамических полевых испытаний за пределами Ирака артиллерийских снарядов, снаряженных имитаторами боевых ОВ, а также боеголовок реактивных снарядов, специально предназначенных для снаряжения жидкостями, плотность которых аналогична иприту. Оценивались такие показатели, как характер и масштабы рассеивания имитатора, подбирались длина запального стакана и мощность разрывного заряда и др. После того, как испытания подтвердили возможность использования артиллерийских снарядов и боеголовок реактивных снарядов для ведения химической войны, Ирак закупил 50 тыс. артиллерийских снарядов в сборе и 25 тыс. реактивных снарядов у этой компании.

Другая компания поставила Ираку 35 тыс. аналогичных артиллерийских снарядов. Третья иностранная компания поставила для иракской

программы создания химического оружия 22 тыс. реактивных снарядов с несколькими различными вариантами боеголовок, предназначенных для снаряжения ОВ. Среди них было 6,5 тыс. реактивных снарядов с головными частями, предназначенными для снаряжения заринном.

Иракским инженерам удалось наладить собственное производство корпусов бомб, а затем, уже на их основе, используя производственное оборудование и компоненты, импортированные для производства обычных боеприпасов, разработать химические авиационные бомбы различных типов, включая кассетные. Кроме того, они вплотную подошли к созданию химических боеголовок баллистических ракет малой дальности.

Химические артиллерийские снаряды. Разработка химических снарядов Ираком началась в 1982 г. с переделки 130-мм советского дымового целеуказательного снаряда (см. рисунок 8). Первые полевые испытания 130-мм артиллерийских снарядов, заполненных имитатором ОВ, были успешными, однако при его заполнении табуном разработчиков постигла неудача. Из-за низкой температуры воспламенения (flash point) табун воспламенялся при срабатывании разрывного заряда. Поэтому в 1983 г. эти снаряды стали заполнять ипритом. Государственное предприятие «Хотин» (Hutteen State Establishment) вручную снарядило ипритом 4 тыс. пустых 130-мм дымовых артиллерийских снарядов.

Но наиболее удачным после пригодным для переделки из дымового в химический оказался НАТОвский 155-мм снаряд. Его вместимость по ОВ составляла 3,4 л. Он заполнялся ипритом, имел центрально расположенный разрывной заряд. Максимальная дальность

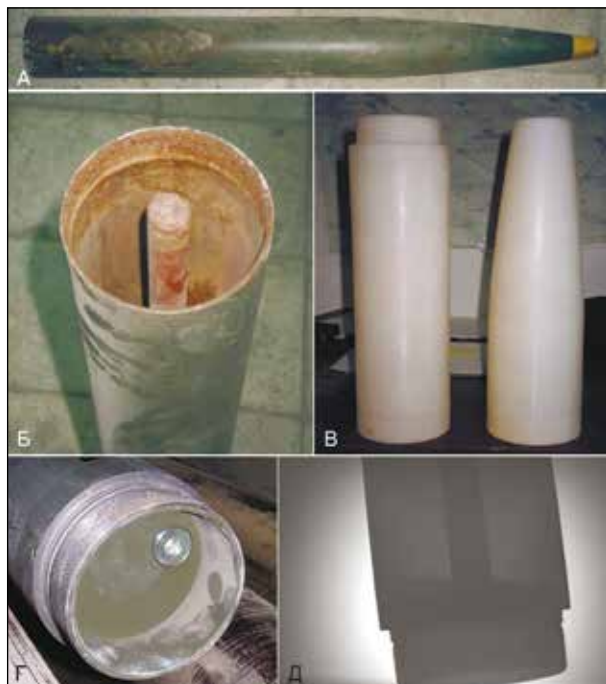


Рисунок 9 – Устройство боевой части итальянской 122-мм ракеты «Фирос-25» в химическом снаряжении [19]
(А. Внешний вид боевой части с установленным взрывателем. Б. Центрально расположенный разрывной заряд в металлической трубе. В. Пластиковые контейнеры для ОВ. Г. Основание боевой части, прикручивающееся к двигательному блоку с помощью резьбы. Д. Рентгеновский снимок основания боевой части. На снимке видны труба с разрывным зарядом и жидкость)

стрельбы осколочно-фугасным снарядом орудий такого калибра – 22–25 тыс. м., что значительно повысило эффективность артхимстрельбы. С 1984 по 1990 г. в SEPP/MSE были заполнены ипритом около 68 тыс. 155-мм снарядов. Из них 54,6 тыс. снарядов было использовано в период с 1984 по 1988 г. До конца войны 155-мм ипритные снаряды были самыми надежными химическими боеприпасами, когда-либо производившимися в рамках иракской программы химического оружия. Всего за годы войны было снаряжено ОВ почти 130 тыс. химических снарядов обоих типов, израсходовано в ходе боевых действий 105 тыс. штук.

Ракеты для реактивных систем залпового огня. У артиллерийских химических снарядов имелись серьезные недостатки, обусловленные неустраняемыми особенностями их конструкции. Они не заполнялись ОВ полностью, 10% их объема обычно оставлялись для расширения ОВ. Однако колебания жидкости при выстреле ухудшали их баллистику. Кроме того, использованием артиллерийских орудий трудно было достичь массированной артхимстрельбы. Для этого надо ставить 100–140 орудий на 1 км фронта, как это делалось в позиционный период Первой мировой войны. Однако в ирано-иракской войне такая концентрация артиллерии была немыслима³⁰. С 1930-х гг. массированность химических ударов стала обеспечиваться применением реактивных систем залпового огня (РСЗО). Кроме того, ракеты имели преимущество еще и в том, что их было проще производить, чем снаряды, и они могли переносить гораздо большую «полезную нагрузку». Для 122-мм ракеты³¹, в зависимости от ее конструкции и количества внутренних контейнеров, она могла составить от 5 до 8 л ОВ (в сравнении с 3,5-л объемом 155-мм снаряда). Дивизион РСЗО (18 установок) мог запустить в одном залпе сотни ракет и тем самым обеспечивать массированность химического удара. Возможность использования 122-мм ракет для ведения химической войны иракцами была подтверждена в 1982 г. в полигонных условиях. В основном РСЗО они предполагали использовать для применения зарина.

Модифицированная 122-мм ракета «Фирос-25». Испытана с имитатором ОВ в 1984 г. Закуплена в 1985 г. В ее основе – стандартная 122-мм итальянская ракета начала 1980-х гг., разработанная BPD Difesa e Spazio SpA³². Похожа на ракету для БМ-21, но отличается от нее эксплуатационными характеристиками и универсальностью полезной нагрузки. Имеет длину 2,68 м и массу 58 кг. Максимальная дальность полета – 25 км. Может **запускаться и из БМ-21**. Химический вариант боевой части ракеты имел центрально расположенный разрывной заряд и два нанизывающихся на него пластиковых контейнера для ОВ общим объемом 6 л (рисунок 9).

³⁰ Во время германского наступления на позиции союзников, начавшегося 21.03.1918 г., артхимстрельба велась в полосе наступления протяженностью около 100 км. Немцы сосредоточили до 6 тыс. орудий. На отдельных участках фронта на каждый километр приходилось в среднем по 100 орудий, было израсходовано не менее миллиона химических снарядов. В сражении на реке Эне (27.05.1918) для ведения артхимстрельбы немцы сосредоточили на 38 км участке полосы наступления 140 орудий/км. Всего было выпущено 2 млн. снарядов, 80 % их них – химические [30, 31]. Количество орудий в иракской армии даже в конце войны не превышало 2,4 тыс.

³¹ Наиболее распространенный калибр ракет для РСЗО: БМ-21 (СССР); Т-122 «Sakarya» (Турция); FIROS-25/30 (Италия); RM-70 (Чехословакия); Type 89 (Китай); Lynx (Израиль) и др.

³² В настоящее время Simmel Difesa SpA, входит в группу Chemring group. Поставки своих ракет в Ирак фирма никогда не афишировала.

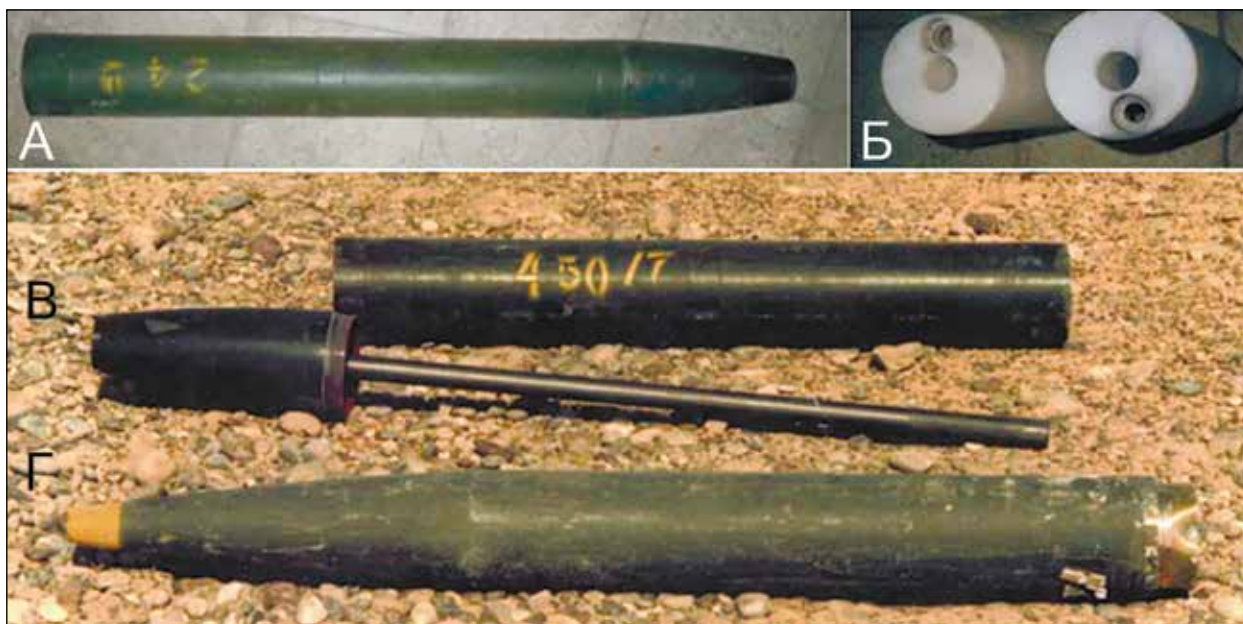


Рисунок 10 – Боевая часть 122-мм химической ракеты SAKR-18 без взрывателя и двигательного блока [19]
(А. Боевая часть ракеты SAKR-18; Б. Контейнеры для ОВ, в центре – сквозное отверстие для разрывного заряда, сбоку заполняющее отверстие. В. Разобранная боевая часть ракеты SAKR-18.
Г. Боевая часть ракеты «Фирос-25», для сравнения)



Рисунок 11 – 122-мм химическая ракета «SAKR-30» [19]
(показаны: слева – двигательный блок ракеты, одна из секций с ОВ, боевая часть; справа – ракета в сборке)

В 1985 г. SEPP/MSE закупила 10 тыс. не снаряженных 122-мм ракет типа «Фирос-25», включая химическую боевую часть, двигательный блок и другие компоненты. Еще 15 тыс. аналогичных сборок закуплено в 1986 г.

122-мм ракета типа «SAKR-18». В 1986 г. SEPP/MSE приобрела 10 тыс. 122-мм ракет данного типа. Еще 12 тыс. ракет были приобретены в 1989 г. Боевые части, предназначенные для снаряжения ОВ, испытывались на жидкостях с плотностью от 0,8 до 1,2 г/см³. Было разработано несколько конфигураций химического снаряжения, изменявших «полезную нагрузку» ракеты от шести до восьми литров. Большинство боевых частей ракеты содержали два контейнера с ОВ, но были модификации с тремя контейнерами (рисунок 10).

122-мм ракета типа «SAKR-30». Иракцы утверждали, что это их собственная разработка. Ракета предназначалась для применения зарина.

Ее конструкция была намного сложнее, чем у SAKR-18 или «Firos-25». Боевая часть «SAKR-30» включала три контейнера для ОВ, оснащенных индивидуальными взрывателями ударного типа. Дистанционный взрыватель, установленный на определенное время, взрывал боевую часть еще до ее соприкосновения с грунтом и рассеивал контейнеры с заринем, взрыватель ударного типа инициировал подрыв контейнера при его соприкосновении с грунтом. Из-за сложности конструкции контейнеров с ОВ (взрыватель, электропроводка и др.) оказалось невозможным предотвратить утечки ОВ, поэтому в войсках ракету «SAKR-30» считали малонадежной. В 1986 г. SEPP/MSE закупила только 6,5 тыс. ракет данного типа (рисунок 11).

Но химических ракет иностранных производителей не хватало для ведения войны. Поэтому, кроме перечисленных выше,



Рисунок 12 – Алюминиевая химическая головная часть типа «аль-Бурак» для 122-мм ракеты [19]

Ирак разрабатывал химические боевые части 122-мм ракет самостоятельно. Иракскими оружейниками была разработана боевая часть типа «аль-Бурак» и копии боевых частей ракет «Фирос-25» и «SAKR-18». Их изготавливали из алюминия, они содержали по два контейнера с ОВ. До конца августа 1988 г. в Ираке было изготовлено 16 тыс. алюминиевых химических боевых частей (после войны их стали изготавливать из стали). Самодельные боевые части устанавливали на типовые 122-мм ракеты различных производителей (рисунок 12).

Всего из запасов иракских вооруженных сил были переданы в SEPP/MSE для переделки в химические 30 тыс. 122-мм ракет. С 1986 по январь 1991 г. Ираком было снаряжено зарин 38 тыс. 122-мм ракет различных конструкций, 27 тыс. из них использовано во время ирано-иракской войны в период с 1986–1988 гг. На стадии разработки находились 81-мм, 107-мм, 200-мм и 450-мм химические ракеты, но они не дошли до динамических испытаний.

122-мм химические ракеты для РСЗО оказались самым мощным разработанным Ираком тактическим химическим оружием. Они были особенно эффективны против незащищенных и неподготовленных войск.

Химические авиационные бомбы. Бомбы типа AALD и BR изготавливали из корпусов дымовых бомб, заполняемых белым фосфором; бомбы типа DB – из корпуса зажигательной бомбы SKS-360. Заряд ВВ во всех бомбах был расположен центрально. Но на пути их боевого применения в качестве химических возникли препятствия – стальные корпуса подвергались коррозии, бомбы имели низкие летные характеристики, не позволявшие проводить точное бомбометание, ОВ разлагались (табун, зарин) или полимеризовались (иприт), постоянно происходили утечки ОВ в участках стыков и соединений. На их устранение потребовалось время. В итоге ОВ поместили в алюминиевые контейнеры, на бомбу установили порт для ручной заливки ОВ, изменили положение стабилизаторов. После заполнения ОВ бомбу герметизировали и отправляли на фронт.

Бомбы типа BR-250 и AALD-250 имели емкость на 60 л ОВ. С 1984 по январь 1991 г. они заполнялись ипритом, табуном и зарин 8 тыс. 250 кг

бомб, из которых около 6,5 тыс. использованы во время войны. Несколько сотен BR-250 и AALD-250 были заполнены CS. Бомбы типа BR-500 и AALD-500 имели емкость 120 л ОВ. С 1983 г. по январь 1991 г. они заполнялись ипритом, табуном и зарин 6 тыс. бомб данного типа. Их использовали в течение нескольких месяцев после производства.

Однако полезную нагрузку таких бомб командование иракской армии считало недостаточной. Поэтому в 1987 г. Государственное предприятие по механической промышленности (State Establishment for Mechanical Industries, SEMI) на основе зажигательной бомбы типа SKS-360 разработало бомбу DB-2 емкостью 260 л ОВ. Ее планировалось заполнять зарин 6 тыс. бомб данного типа. Их использовали в течение нескольких месяцев после производства. Однако полезную нагрузку таких бомб командование иракской армии считало недостаточной. Поэтому в 1987 г. Государственное предприятие по механической промышленности (State Establishment for Mechanical Industries, SEMI) на основе зажигательной бомбы типа SKS-360 разработало бомбу DB-2 емкостью 260 л ОВ. Ее планировалось заполнять зарин 6 тыс. бомб данного типа. Их использовали в течение нескольких месяцев после производства.



**Рисунок 13 – Типовые авиационные химические бомбы Ирака [19]
(А. AALD-250, Б. AALD-500, В. DB-2)**

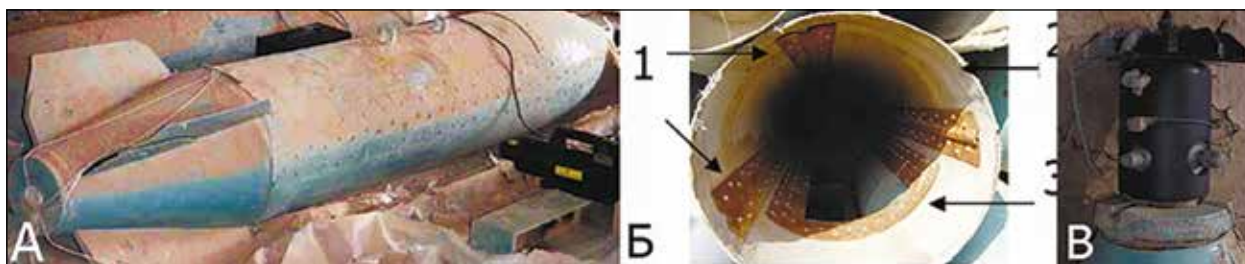


Рисунок 14 – Кассетная бомба СВ 250 (А. Бомба, собранная для боевого применения. Б. Корпус бомбы изнутри. 1 – стальные пластины линии взрывного раскрытия бомбовой кассеты; 2 – стекловолоконная оболочка бомбовой кассеты; 3 – элементы жесткости. В. Взрыватель) [19]

В общей сложности около 14 тыс. авиационных химических бомб были заполнены ОВ, из них 12 тыс. – использованы в ходе войны. В 1988 г. три бомбы были заполнены VX для испытания корпуса на коррозию и устойчивость.

Кроме того, в Ираке разрабатывали программу создания кассетных бомб как в обычном, так и в химическом снаряжении. На заводе «аль-Нуаман» (Al Noaman Factory) на основе импортного оборудования была установлена линия для производства стекловолоконных корпусов для одноразовых бомбовых кассет и суббоеприпасов к ним. Такие бомбы в химическом снаряжении представляли собой многоточечный источник, обеспечивавший эффективное рассеивание паров и аэрозолей ОВ по территории цели. Основное их назначение – поражение личного состава противника, действующего в рассредоточенных порядках. Иракские специалисты рассматривали для применения ОВ две конструкции кассетных бомб: СВ 250 и Nasr 28 (рисунки 14 и 15).

Кассетная бомба СВ 250 имела корпус из тонкого стекловолокна, металлические хвостовые стабилизаторы и подвесные ушки. Корпус бомбы СВ 250 включал три продольные линии взрывчатого вещества, чтобы разрывать стекловолоконный корпус и освобождать суббоеприпасы. Взрыватель, установленный в носовой части корпуса, инициировал ее раскрытие на заданной высоте и свободное падение суббоеприпасов, оснащенных взрывателем ударного типа (также разрабатывались взрыватели дистанционного типа, подрывающие суббоеприпас на определенной высоте). Летом 1987 г. иракцы провели летные испытания двух кассетных бомб, снаряженных 18 суббоеприпасами. В качестве имитатора ОВ использовалась нефть³³. Испытания дали неудовлетворительные результаты и были прекращены, однако от самой концепции химической кассетной бомбы не отказались.

В конце войны была испытана в снаряжении имитатором ОВ еще одна кассетная бомба – Nasr 28 класса 500 кг, состоявшая из

28, 33 или 40 коротких эжекционных камер, расположенных рядами по окружности тела бомбы. Каждая эжекционная камера содержала один сферический суббоеприпас диаметром 155 мм. После сброса с самолета на заданном расстоянии от цели инициировалась эжекция суббоеприпасов из камер путем подрыва небольших вышибных зарядов. Судя по подводу проводов к каждой камере, подрыв заряда осуществлялся электродетонатором. Так как, в отличие от свободно падающих суббоеприпасов бомбы СВ 250, суббоеприпасам Nasr 28 придавалась определенная начальная скорость и направление разлета, площадь накрытия этой кассетной бомбой должна была быть значительно большей, чем у СВ 250 при прочих одинаковых условиях.

Инспекторы ООН обнаружили два типа суббоеприпасов, предназначенных для использования в бомбе NASR 28. Одним типом была стальная сфера 135 мм, покрытая слоем резины толщиной 10 мм с общим диаметром 155 мм. Иракцы объясняли назначение резинового покрытия тем, что оно позволяет боеприпасу подпрыгивать в воздухе перед детонацией. Второй тип был изготовлен из стали 155 мм. Он содержал четыре отверстия как над, так и ниже его экваториального соединения. Диаметры отверстий составляли 3–6 мм (рисунок 16).



Рисунок 15 – Кассетная бомба Nasr 28 (А. Внешний вид бомбы. Б. Эжекционные камеры для суббоеприпасов) [19]

³³ Судя по плотности нефти (0,730–1,040 г/см³), суббоеприпасы предполагалось снаряжать зарином (см. таблицу 3).



Рисунок 16 – Суббоеприпасы бомбы NASR 28 [19]
(А. Стальная сфера 135 мм, покрытая слоем резины толщиной 10 мм с общим диаметром 155 мм. 1 – взрыватель ударного типа. Назначение суббоеприпаса осталось непонятным.
Б. 155-мм стальной суббоеприпас, предположительно предназначавшийся для термической возгонки иприта или VX. 1 – отверстия для выхода пара ОБ; 2 – гнездо для взрывателя ударного типа)

По мнению инспекторов ООН, 155-мм суббоеприпас предназначался для термической возгонки иприта или VX. Если инспектора правы, тогда тактическое назначение бомбы NASR 28 принципиально меняется. Вместо традиционных оборонительных задач, решаемых с помощью капельно-жидкого ОБ (сковывающая противника на флангах и в тыловых районах и т.п.), перевод иприта или VX в состояние пара и аэрозоля позволяет использовать бомбы NASR 28 в наступательных целях³⁴.

Таким образом, несмотря на ряд технических проблем, авиабомбы стали краеугольным камнем арсенала Ирака в области химического оружия. На их заполнение ушло почти 75% всех ОБ, полученных SEPP/MSE.

Бинарное оружие. Используя бинарный подход к синтезу ОБ, иракские химики прежде всего пытались преодолеть проблему его нестабильности при хранении в боеприпасах. Исследования в области бинарных систем для артиллерийских снарядов начались в 1983 г. с изучения купленных за рубежом образцов. Эти снаряды были оснащены двумя контейнерами из углеродистой стали и двумя разрывными зарядами. Один заряд (маломощный) требовался для смешивания прекурсоров внутри снаряда; другой – для диспергирования, синтезированного в снаряде ОБ. Однако, смешивание прекурсоров происходило гораздо медленнее, чем снаряд достигал цели, выход ОБ был незначительным, и контракт с компанией не подписали. В начале 1988 г. исследования по созданию бинарных артиллерийских снарядов, снаряженных ипритом, зарином и VX, были возобновлены. Но теперь для перемешивания

бинарных агентов использовали ускорение и вращательные силы снаряда в полете. Попытки получения *сернистого иприта* бинарным путем провалилось в том же году. При испытаниях таких снарядов выяснилось, что контролировать скорость реакции между двумя прекурсорами, невозможно; «выход» иприта был незначителен. Чистота *зарина/циклозарина*, образованного из бинарной композиции, не превышала 55%; бинарная система VX до 1990 г. воспроизводилась только в лабораторном масштабе. После 1990 г. иракцами были начаты работы по созданию бинарных химических авиабомб по своей технологии. Но масштабным проект создания бинарных снарядов и бомб не стал.

Незавершенные проекты. Это проекты доставки химических боеприпасов на дальние расстояния баллистическими ракетами и артиллерийскими системами.

В качестве *баллистической ракеты* иракцы пытались приспособить ракету 9M21 советского тактического ракетного комплекса Луна-М (по классификации НАТО – FROG-7) – дальность стрельбы – 15–70 км. Масса ракеты – 2,5 т. Боевая часть в химическом снаряжении разрабатывалась на основе технических решений, использованных при создании кассетной бомбы CB 250. В серию такую ракету иракцы запустить не успели.

Проект «Вавилон» (Project Babylon). Инициирован Джеральдом Винсентом Буллом (англ. Gerald Vincent Bull, 1928–1990) – талантливым канадским инженером, специализировавшимся на дальнобойной артиллерии. Его компания Space Research Corporation (SRC) в марте 1988 г. заключила контракт с Ираком на предоставление технической помощи для создания суперпушки калибром 1000-мм и дальностью стрельбы снарядом массой 1–2 т на расстояние до 750 км. Предполагалось, что пушка будет использована для доставки к цели (Израиль) ядерных и химических боеприпасов. Пушка построена не была. Инженер Булл был убит неизвестными 22.03.1990 г. у дверей своей квартиры в Брюсселе [33].

Иракская химическая программа оказалось успешной в том смысле этого слова, что она дала в руки иракским военным химическое оружие для борьбы с Ираном. Особенно если учесть образовательный уровень населения, исходный уровень развития химической промышленности и науки, сроки выполнения и условия, в которых она реализовывалась. Промышленное

³⁴ Возгонка ОБ в 155-мм боеприпасе (см. рисунок 16 Б) должна осуществляться либо с помощью пироставов, либо за счет теплоты сгорания пирогенного вещества, добавляемого к ОБ в количестве нескольких процентов. Более подробно см. у Н.С. Антонова [32].

производство ОВ и химических боеприпасов разного тактического назначения было налажено в течение 5–10 лет на «пустом месте». Поражает широкий фронт работ и целеустремленность руководителей военно-химической программы. Прекурсоры для промышленного синтеза ОВ, которые в стране не могли производить самостоятельно, закупались в западных странах³⁵. Химические боеприпасы успешно импровизировали из дымовых и зажигательных, короткие сроки хранения ОВ компенсировали быстрыми поставками боеприпасов на фронт. В научных исследованиях были созданы заделы на будущее, заложена промышленная база для практического воплощения собственных разработок по химическому оружию. На фоне лицемерия западного политического истеблишмента, «заметившего» истребление мирного курдского и иранского населения химическим оружием Саддама, только тогда, когда это оружие в Ираке было уничтожено под контролем инспекторов ООП, нельзя не напомнить, что Ирак самостоятельно не смог бы произвести не то, что тонны, но и килограмма

любого из использованных ОВ. И «преступления» Саддама надо делить на всех, кто ему помогал. Т.е. на те химические западные концерны, что поставляли тысячи тонн прекурсоров для синтеза ОВ; а заодно и весьма специфическое оборудование для заводов, якобы производящих пестициды. Своя «доля» среди жертв химической войны есть и у западных политиков, с молчаливого согласия которых иракская армия годами применяла химическое оружие в войне с Ираном. Для России успешность программы по созданию химического оружия Ираком – это предупреждение, показывающее, что отсталое в техническом отношении квазигосударство при наличии «черного золота» и не афишируемой поддержке тех же «спонсоров», может за несколько лет обрести химическое оружие и использовать его как для провокаций, так и для ведения боевых действий.

Продолжение в следующем номере журнала

³⁵ Это обстоятельство никогда не составляло на Западе особого секрета. Подробнее об участии США в производстве химического оружия и торговле прекурсорами для производства сернистого иприта см., в частности: American Firms' Supplying Iraq's Chemical Weapons Production. OCT. 14, 2014. Analysis by Jonathan Tucker, who researched Saddam Hussein's weapons programs, detailing delivery of American-made precursors for Iraq's sulfur mustard agent. <https://www.nytimes.com/interactive/2014/10/14/world/middleeast/american-firms-supplying-iraqs-chemical-weapons-production.html?mcubz=0> (дата обращения 01.02.2019).

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.

Благодарности

Авторы выражают свою признательность доктору технических наук Станиславу Вениаминовичу Петрову, главному научному сотруднику 27 НИЦ МО РФ; доктору химических наук, профессору Игорю Владимировичу Рыбальченко, ведущему научному сотруднику 27 НИЦ МО РФ за помощь, оказанную при подготовке этой работы.

Список источников

1. Конвенция о запрещении разработки, производства, накопления и применения химического оружия и о его уничтожении. ООН, 1993.
2. Warrick J. Black Flags: The Rise of ISIS. Hearst Communications, Inc.: 2015.
3. Примаков Е.М. Анатомия ближневосточного конфликта. М., 1978.
4. Васильев А.М. Персидский залив в эпицентре бури. М., 1983.
5. Маначинский А.Н. Ирак: тайные пружины войны. Киев, 2005.
6. Криворучко А.П., Рошупкин В.Т. Багдадский вождь: взлет и падение. Политический портрет Саддама Хусейна на региональном и глобальном фоне. М., 2008.
7. История Востока. В 6 томах. Том 5. Восток в новейшее время (1914–1945 гг.); Том 6. Восток в новейший период (1945–2000 гг.). М.: Институт Востоковедения РАН, Восточная литература, 2008.

8. Сатановский Е.Я. Котел с неприятностями. Ближний Восток для чайников. М., 2016.
9. Арабаджян З.А. Иран: Власть, реформы, революции (XIX–XX века). М., 1991.
10. Comprehensive Report of the Special Advisor to the DCI on Iraq's WMD. Vols. I–III. 30 September 2004.
11. Seth Carus W. Chemical Weapons in the Middle East. Policy Focus. The Washington Institute for Near East Policy. Research Memorandum. No 9. December 1988.
12. Barletta M. Chemical Weapons in the Sudan – Allegations and Evidence // The Nonproliferation Review/Fall 1998.
13. Shoham D. Does Saudi Arabia Have or Seek Chemical or Biological Weapons? // The Nonproliferation Review/Spring-Summer 1999.
14. Cohen Avner. Israel and Chemical/Biological Weapons – History, Deterrence, and Arms Control // The Nonproliferation Review/Fall-Winter 2001.
15. Shoham D. Chemical and Biological Weapons in Egypt // The Nonproliferation Review/Spring-Summer 1998.
16. Zuhair Diab M. Syria's Chemical and Biological Weapons – assessing Capabilities and Motivations // The Nonproliferation Review/Fall 1997.
17. Шилов Н.И. Первые попытки запрещения химического оружия // Вестник войск РХБ защиты. 2018. Т. 2. № 1. С. 48–69.
18. Двадцать пятый ежеквартальный доклад о деятельности Комиссии Организации Объединенных Наций по наблюдению, контролю и инспекциям (ЮНМОВИК). 30 мая 2006 г. S/2006/342.
19. The Chemical Weapons Programme. United Nations Monitoring, Verification and Inspection Commission (UNMOVIC) Compendium. N.Y., 2001.
20. Уткин А.Ю. Исламское государство — новый участник химической войны? // Индекс безопасности. 2015. Т. 21. № 3 (114). С. 83–94.
21. United Nations Monitoring, Verification and Inspection Commission, Compendium Summary, S/2006/420, June 21, 2006, p. 31.
22. Franke S. Lehrbuch der Militärchemie. Band 1. Deutscher Militärverlag. Berlin, 1967.
23. Medical aspects of Chemical Warfare / Eds. Tuorinsky S.D., Lenhart M.K. Walter Reed Army Medical Center. Washington. 2008.
24. Александров В.Н., Емельянов В.И. Отравляющие вещества. М., 1990.
25. Ellison D. Hank. Handbook of Chemical and Biological Warfare Agents (Second ed.), CRC Press, 2008.
26. Рыбальченко И.В. Отравляющие вещества. Большая Российская энциклопедия. Т. 24. М.: 2014.
27. UN Special Commission, «Annex: Iraq's Procurement for its Weapons of Mass Destruction Programmes», S/2005/742.
28. Jonathan B. Tucker. Trafficking Networks for Chemical Weapons Precursors: Lessons from the Iran-Iraq War of the 1980s. CNS Occasional Paper. No 13. November 2008.
29. Notes on German shells (second edition). – General Staff (Intelligence), General Headquarters, 1st May, 1918. London, 1918.
30. Де-Лазари А.Н. Химическое оружие на фронтах Мировой войны 1914–1918 гг.: Краткий исторический очерк. Науч. ред. и коммент. М.В. Супотницкого. М., 2008.
31. Базаревский А.Х. Мировая война 1814–1918 гг. Кампания 1918 года во Франции и Бельгии. Т. 1, 2. М., Л., 1927.
32. Антонов Н.С. Химическое оружие на рубеже двух столетий. М., 1994.
33. The Missile Programme. United Nations Monitoring, Verification and Inspection Commission (UNMOVIC) Compendium. N.Y., 2007.

Об авторах

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

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

Шило Наталья Игоревна. Научный сотрудник отдела.

Ковтун Виктор Александрович. Начальник центра, канд. хим. наук, доц.

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

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

Chemical Weapons in the Iran-Iraq War (1980-1988)

Iraq Preparing for Chemical War

M.V. Supotnitskiy, N.I. Shilo, V.A. Kovtun

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

The Iraqis became the first nation to use chemical weapons on the modern battlefield during the Iran-Iraq War (1980-1988). There are no general reviews and research available on this issue in Russian. It also puts the Russian researchers in an unequal position in comparison with their Western and Middle Eastern colleagues, who have such information from a wide range of sources. This lack of knowledge limits our ability to understand the secret mechanisms that trigger modern chemical wars in the Middle East. The analysis in the present study is based on different Western sources, UN and CIA materials. The article shows that Iraq – a third world country with the population of 16,3 million people in 1980-ies and relatively low educational level – could start its chemical weapons program only due to the Western aid and assistance (supplies of the precursors, technologies and technical documentation, education of specialists, diplomatic support ect). Only due to this assistance the Iraqi's chemical weapons program could become successful. The industrial production of chemical agents and chemical munitions of various tactical purposes was established by the Iraqis in less than 10 years. By the end of the 1980-ies, the Iraqi chemists laid the foundations of the future research in the sphere of toxic chemicals. The industrial base for the production of CW have also been established. For Russia, the success of the Iraq's chemical weapons program is a warning. It means that technically backward, but oil rich quasi-state can acquire chemical weapons in a few years with the clandestine support of the same «sponsors», and use it both for provocations and for conducting combat operations in the regions, vital for Russia's interests.

Keywords: *the Geneva Protocol 1925; sarin; mustard; the Iran-Iraq war; precursors; chemical weapons program; tabun; chemical weapons; cyclosarin; VX.*

For citation: *Supotnitskiy M.V., Shilo N.I., Kovtun V.A. Chemical Weapons in the Iran-Iraq War (1980-1988). 1. Iraq Preparing for Chemical War // Journal of NBC Protection Corps. 2019. V. 3. № 1. P. 40–64.*

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.

Acknowledgments

The authors express their sincere gratitude to Stanislav Veniaminovich Pertov, Chief Researcher at the «27 Scientific Centre» of the Ministry of Defence of the Russian Federation, Doctor of Technical Sciences, and Igor Vladimirovich Rybalchenko, Doctor of Chemical Sciences, Leading Researcher at the «27 Scientific Centre» of the Ministry of Defence of the Russian Federation, for their kind help and advice.

Список источников

1. Convention on the Prohibition of the Development, Production, Stockpiling and Use of Chemical Weapons and on their Destruction. UN, 1993 (in Russian).
2. Warrick J. Black Flags: The Rise of ISIS. Hearst Communications, Inc.: 2015.
3. Primakov E.M. Anatomy of the Middle East Conflict. M., 1978 (in Russian).
4. Vasiliev A.M. The Persian Gulf in the Epicenter of the Storm. M., 1983 (in Russian).
5. Manachinsky A.N. Iraq: the hidden motives for war. Kiev, 2005 (in Russian).
6. Krivoruchko A.P., Roschupkin V.T. The Chief of Baghdad: rise and fall. The political portrait of Saddam Hussein. M., 2008 (in Russian).
7. History of the East. In 6 vols. V. 5. Contemporary history of the East (1914-1945). V.6. Contemporary history of the East (1945-2000). M., 2008 (in Russian).
8. Satanovsky E.Ya. A kettle with troubles. Middle East for beginners. M., 2016 (in Russian).
9. Arabajani Z.A. Iran: power, reforms, revolutions (XIX-XX centuries). M., 1991 (in Russian).
10. Comprehensive Report of the Special Advisor to the DCI on Iraq's WMD. Vols. I-III. 30 September 2004.
11. Seth Carus W. Chemical Weapons in the Middle East. Policy Focus. The Washington Institute for Near East Policy. Research Memorandum. No 9. December 1988.
12. Barletta M. Chemical Weapons in the Sudan – Allegations and Evidence // The Nonproliferation Review/Fall 1998.
13. Shoham D. Does Saudi Arabia Have or Seek Chemical or Biological Weapons? // The Nonproliferation Review/Spring-Summer 1999.
14. Cohen Avner. Israel and Chemical/Biological Weapons – History, Deterrence, and Arms Control // The Nonproliferation Review/Fall-Winter 2001.
15. Shoham D. Chemical and Biological Weapons in Egypt // The Nonproliferation Review/Spring-Summer 1998.
16. Zuhair Diab M. Syria's Chemical and Biological Weapons – assessing Capabilities and Motivations // The Nonproliferation Review/Fall 1997.
17. Shilo N.I. First attempts to ban chemical weapons // Journal of NBC protection corps. 2018. V.2. № 1. P. 48-69.
18. Twenty-fifth quarterly report on the activities of the United Nations Monitoring, Verification and Inspection Commission». May 30, 2006. S/2006/342.
19. The Chemical Weapons Programme. United Nations Monitoring, Verification and Inspection Commission (UNMOVIC) Compendium. N.Y., 2001.
20. Utkin A.Yu. Islamic State - new participant of chemical war? // Security index. 2015. V. 21 № 3(114). P. 83-94.
21. United Nations Monitoring, Verification and Inspection Commission, Compendium Summary, S/2006/420, June 21, 2006, p. 31.
22. Franke S. Lehrbuch der Militärchemie. Band 1. Deutscher Militärverlag. Berlin, 1967.
23. Medical aspects of Chemical Warfare / Eds. Tuorinsky S.D., Lenhart M.K. Walter Reed Army Medical Center. Washington, 2008.
24. Alexandrov V.N., Emelyanov V.I. Poisonous substances. M., 1990 (in Russian).
25. Ellison D. Hank. Handbook of Chemical and Biological Warfare Agents (Second ed.), CRC Press, 2008.
26. Rybalchenko I.V. Poisonous Substances. Big Russian Encyclopaedia. V. 24. M.:2014 (in Russian).
27. UN Special Commission, «Annex: Iraq's Procurement for its Weapons of Mass Destruction Programmes», S/2005/742.
28. Jonathan B. Tucker. Trafficking Networks for Chemical Weapons Precursors: Lessons from the Iran-Iraq War of the 1980s. CNS Occasional Paper. No 13. November 2008.
29. Notes on German shells (second edition). – General Staff (Intelligence), General Headquarters, 1st May, 1918. London, 1918.
30. De Lasari A.N. Chemical weapons at the World War 1914-1918. Historical Sketch. M., 2008 (in Russian).
31. Bazarevsky A.Kh. World War 1914-1918. The Campaign in France and Belgium (1918). V. 1,2. M., L. 1927 (in Russian).
32. Antonov N.S. Chemical weapons between two ages. M., 1994 (in Russian).
33. The Missile Programme. United Nations Monitoring, Verification and Inspection Commission (UNMOVIC) Compendium. N.Y., 2007.

Authors

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

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

Natalya Igorevna Shilo. Junior Researcher, Scientific Editor.

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

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

Contact person: Supotnitskiy Mikhail Vasilyevich; 27nc_1@mail.ru

Использование баковых смесей гербицидных препаратов для уничтожения нежелательной растительности на объектах Министерства обороны Российской Федерации

Н.И. Кузнецова, И.П. Ивашёв, И.В. Медвецкий

Федеральное государственное бюджетное учреждение
«33 ЦНИИИ» Министерства обороны Российской Федерации, 412918,
Российская Федерация, Саратовская обл., г. Вольск-18, Краснознаменная, д. 1

Поступила 18.12.2018 г. Принята в печать 10.02.2019 г.

Рациональным средством снижения затрат на уничтожение нежелательной растительности на объектах Министерства обороны является обработка местности баковыми смесями гербицидных препаратов. Проведена оценка эффективности современных гербицидных препаратов с различным механизмом действия и их баковых смесей в условиях вегетационного лабораторного и полевого опыта. Из однодольной растительности тестировалось семейство мятликовых, представителем которого является пшеница. Двудольная растительность была представлена семейством бобовых (фасоль), астровых (подсолнечник) и крестоцветных (редис). К данным семействам относится большинство сорной растительности, заселяющей земли несельскохозяйственного пользования. Дозы индивидуальных препаратов, вызывающие 50 и 70 % гибель растений, определяли методом пробитанализа. Эффективность баковых смесей оценивали по значению коэффициента совместного действия. При фактическом эффекте от воздействия баковой смеси, превышающем «ожидаемый», признавали наличие синергистического взаимодействия действующих веществ и эффективность баковой смеси (препараты Голиаф+Шквал – астровые и мятликовые; препараты Голиаф+Линтур – крестоцветные). В обратном случае сочетание препаратов считали неэффективным ввиду антагонизма действующих веществ (препараты Голиаф+Линтур – бобовые). Результаты сравнительных экспериментов показали, что для контроля над нежелательной растительностью либо ее полного уничтожения на территории военных объектов целесообразно использовать баковую смесь, содержащую гербицидные препараты в сочетании препаратов Линтур+Голиаф+Шквал+Атрон.

Ключевые слова: баковая смесь; вегетационный опыт; гербициды; дикамба; коэффициент совместного действия; нежелательная растительность; полевой опыт; препарат Атрон; препарат Голиаф; препарат Линтур; препарат Шквал; синергизм; триасульфурон.

Библиографическое описание: Кузнецова Н.И., Ивашёв И.П., Медвецкий И.В. Использование баковых смесей гербицидных препаратов для уничтожения нежелательной растительности на объектах Министерства обороны Российской Федерации // Вестник войск РХБ защиты. 2019. Т. 3. № 1. С. 65–74.

В настоящее время уставами внутренней службы Вооруженных Сил Российской Федерации, а также руководящими документами, регламентирующими повседневную деятельность войск Российской Федерации, предписывается

проведение мероприятий по очистке местности от нежелательной растительности. Очистка территорий проводится не реже двух раз в период вегетации с привлечением значительного количества личного состава, транспортной и специ-

альной техники^{1,2}. Реальным средством снижения затрат на уничтожение нежелательной растительности является обработка территории гербицидами, позволяющими осуществлять равномерное подавление травяного покрова, уменьшение его высоты и снижение вероятности пожаров от возгорания сухих остатков растений [1]. Рациональным и перспективным примером совершенствования ассортимента гербицидов является использование баковых смесей известных препаратов с различным механизмом действия. Это позволяет повысить эффективность химической прополки, расширить спектр действия препаратов, замедлить развитие резистентности у нежелательной растительности, снизить гектарную норму расхода гербицидов и уменьшить экологическую нагрузку на единицу обрабатываемой площади [2]. Однако использование химических средств при обслуживании территорий военных объектов сдерживается из-за отсутствия объективной информации об эффективных сочетаниях современных гербицидных препаратов в баковых смесях.

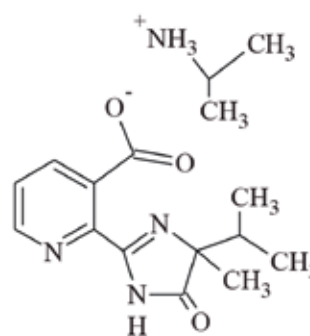
Цель работы – оценить эффективность использования современных гербицидных препаратов с различным механизмом действия и их баковых смесей для контроля (уничтожения) нежелательной растительности на территории военных объектов.

Материалы и методы

В работе исследовали следующие современные препараты, обладающие гербицидным действием и разрешенные к использованию на землях несельскохозяйственного пользования в Российской Федерации³.

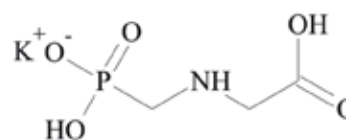
Препарат Шквал (АО «Щелково Агрохим», Россия) на основе малоселективного системного гербицида широкого спектра действия из класса имидазолинонов. Структура действующего вещества препарата приведена на рисунке 1.

Препарат высокоэффективен против одно- и многолетних злаковых и широколиственных растений, в том числе древесных видов. Действующее вещество Шквала блокирует биосинтез валина, лейцина и изолейцина путем ингибирования ацетолактатсиназы, за счет чего нарушается синтез белка, что в итоге сказывается на росте и развитии клеток. Визуально действие препарата проявляется в виде хлороза и некроза тканей новых листьев. Растения активно поглощают препарат из среды листьями и корневой системой. Токсическое действие Шквала



Изопропиламинная соль 2-(4-изопропил-4-метил-5-оксо-2-имидазолон-2-ил)никотиновой кислоты (имзапир)

Рисунок 1 – Действующее вещество препарата Шквал



Калиевая соль N-(фосфонометил)-глицина (глифосат)

Рисунок 2 – Действующее вещество препарата Голиаф

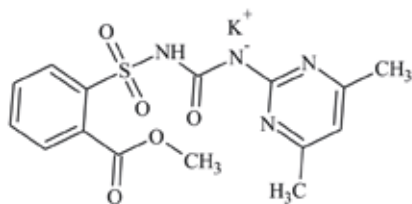
на растение становится заметным на однолетних сорняках через 2–4 сут, а на большинстве многолетников – не ранее, чем через 10 сут. На древесной и кустарниковой растительности оно проявляется еще медленнее. Остаточное количество действующего вещества препарата в почве сохраняет свои токсические свойства от 6 месяцев до 2 лет в зависимости от климатических условий района применения.

Препарат Голиаф (ООО «АНПП АГРОХИМ-XXI», Россия) в качестве действующего вещества содержит калиевую соль глифосата. Глифосат, химическое строение которого показано на рисунке 2, является неселективным системным гербицидом, применяемым для уничтожения многолетних, однолетних одно- и двудольных сорных растений, в том числе злостных растительных вредителей, нежелательной древесной и кустарниковой растительности. Препарат хорошо смешивается с водой, поглощается листьями, стеблями, зеленой корой и затем переносится по всему растению, включая

¹ Общевоинские уставы Вооруженных Сил Российской Федерации. М. 2016.

² Министерство обороны РФ. Приказ об учебно-материальной базе Вооруженных Сил Российской Федерации (утв. 2 марта 2010 г.). М.: МО РФ, 2010.

³ Химические и физические характеристики пестицидов приведены по данным сайтов производителей препаратов.



Калиевая соль 2-[(4,6-диметилпиримидин-2-ил)-карбомилсульфамонил]бензоата (сульфометуронметил)

Рисунок 3 – Действующее вещество препарата Атрон

корневую систему, вызывая нарушение вегетативного возобновления у большинства многолетних растений. Препарат блокирует синтез ароматических аминокислот и влияет на проницаемость клеточных мембран, что приводит к изменению осмотического давления и разрушению клеточных структур. При внесении в почву он действует на корни и семена. Действие Голиафа на древесно-кустарниковую растительность становится заметным не ранее, чем через 2–3 нед. после применения и проявляется в увядании, пожелтении и побурении листьев.

Препарат Атрон (ООО «АГРУСХИМ», Россия). Действующим веществом этого препарата является калиевая соль сульфометуронметила со структурой, приведенной на рисунке 3. Атрон является системным гербицидом сплошного действия, действующее вещество которого активно проникает через листья, стебли, корни растений и ингибирует синтез фермента ацетолататсинтазы. Видимые повреждения чувствительных растений развиваются достаточно медленно. Этот препарат обеспечивает уничтожение отрастающих сорняков на протяжении всего сезона вегетации. Поэтому он рекомендован к применению до появления всходов путем внесения в почву. При непрерывном применении препарата у

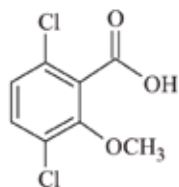
сорняков развивается резистентность и снижается эффективность его действия [3].

Смесевой препарат Линтур (ООО «СИН-ГЕНТА», Россия) содержит в качестве действующих веществ дикамбу и триасульфурон. Их структуры приведены на рисунке 4.

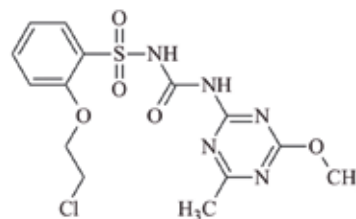
Препарат Дикамба — системный гербицид, относящийся к группе веществ с ауксиноподобной активностью, увеличивающих синтез рибонуклеиновой кислоты, липидов, белка и увеличивающих растяжимость оболочек клеток в длину. Проникает через листья растений, скапливаясь в основном в точках роста. Гербицид эффективен против многолетних корнеотпрысковых сорняков. Устойчивость к его воздействию проявляют все злаковые растения в фазе кущения. Препарат Триасульфурон — послевсходовый селективный гербицид системного действия, проявляющий активность в отношении двудольной растительности. Гербицид проникает через листья и корневую систему, нарушает процессы деления и роста клеток. Визуальные признаки действия проявляются на 7 сут в виде остановки роста, деформации, пожелтении и некроза надземных частей. Дикамба и триасульфурон на территории Российской Федерации разрешены к применению только в качестве компонентов смесового препарата ввиду высокой экологической активности⁴.

Эксперименты по оценке эффективности баковых смесей гербицидных препаратов проводили в условиях вегетационного лабораторного и мелкоделяночного полевого опыта по общепринятой методике [2]. Повторность опытов трехкратная. Обработку гербицидами проводили с помощью ручного ранцевого опрыскивателя Solo 425. Норма расхода рабочих жидкостей индивидуальных препаратов и баковых смесей составляла 300 л/га.

В условиях лабораторного опыта тестовые растения выращивали в климатической камере



3,6-дихлор-2-метоксибензойная кислота (дикамба)



1-[2-(2-хлорэтоксифенилсульфонил)]-3-(6-метил-4-метокси-1,3,5-триазин-2-ил)мочевина (триасульфурон)

Рисунок 4 – Структуры действующих веществ препарата Линтур

⁴ Химическая и физическая характеристика пестицидов. <http://rupest.ru/ppdb/triasulfuron.html> (дата обращения 10.12.2018).

LGC-5101G на питательной среде в вегетационных сосудах. В качестве питательной среды использовали смесь Гельригеля, которую приготавливали путем последовательного смешения солей в следующих количествах: $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2 \times 4\text{H}_2\text{O}$ – 0,708 г/л; $\text{FeCl}_3 \times 6\text{H}_2\text{O}$ – 0,025 г/л; KCl – 0,075 г/л; KH_2PO_4 – 0,136 г/л; MgSO_4 – 0,060 г/л.

В процессе вегетации в климатической камере поддерживали следующие условия: освещенность – 8000 лк, температура воздуха днем 25 °С, ночью – 16 °С, продолжительность светового дня – 16 ч, влажность – 65 %. Продолжительность опыта составляла 28 сут.

Опыт в полевых условиях проводили с июня 2017 г. по октябрь 2018 г. Его начало пришлось на середину вегетационного сезона, когда травянистая и кустарниковая растительность находились в фазе активной вегетации. В ходе исследования среднемесячные температуры воздуха незначительно отличались от среднего многолетнего значения. Влагообеспеченность в начале и середине вегетационного периода 2017 г. была значительно выше средней многолетней. Вегетационный сезон 2018 г. оказался засушливым. В этот период выпало 36 мм осадков, которые наблюдались только в апреле и в конце сентября.

В полевом опыте использовали делянки с идентичными почвенными условиями и однотипной естественной растительностью. Контрольный учет массы растений проводили с интервалом в 1 мес. У срезанных растений определяли сырую и воздушно-сухую массу. Сушку срезанных растений осуществляли в шкафу ШСЛ-43/250 при температуре 40 °С. Средняя масса растений на контрольных делянках в первом вегетационном сезоне (2017 г.) составляла 3,04 кг/м², во втором – 1,12 кг/м². Результаты опытов обрабатывали методом дисперсного анализа [4].

Эффект от воздействия гербицида вычисляли по формуле (1)

$$E = (1 - \frac{X_o}{X_k}) \cdot 100, \quad (1)$$

где X_o – средняя масса надземных частей растений в опытном варианте, г;
 X_k – средняя масса надземных частей растений в контрольном варианте, г.

Дозы индивидуальных препаратов, вызывающие 50 и 70 % гибель растений, определяли методом пробит-анализа с помощью программы для ЭВМ, зарегистрированной в Государственном реестре, свидетельство № 2016663317. На рисунке 5 показано рабочее окно программы [5].

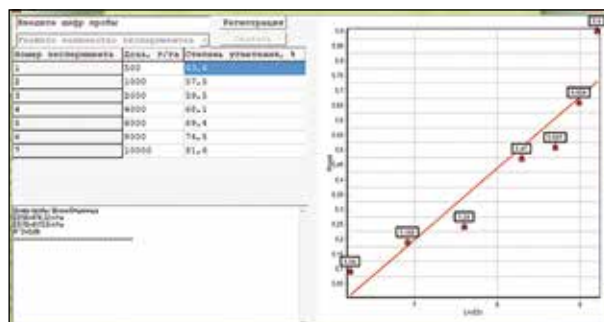


Рисунок 5 – Рабочее окно программы вычисления эффективной дозы препарата

Ожидаемый эффект (E^* , %) от применения смесевых рецептов, содержащих два и более гербицида⁵, определяли по формулам (2) и (3)

$$E' = X_a + X_b - \frac{X_a \cdot X_b}{100}, \quad (2)$$

где X_a – процент снижения массы растений по отношению к контролю от гербицида А, %;
 X_b – процент снижения массы растений по отношению к контролю от гербицида В.

$$E' = X_a + X_b + X_n - \frac{X_a \cdot X_b + X_a \cdot X_n + X_b \cdot X_n}{100} + \frac{X_a \cdot X_b \cdot X_n}{100^2}, \quad (3)$$

где X_a – процент снижения массы растений по отношению к контролю от гербицида А, %;
 X_n – процент снижения массы растений по отношению к контролю от гербицида N;
 N – количество гербицидов, используемых в смеси.

Расчет коэффициента совместного действия (КСД) проводили по формуле (4) [6, 7]

$$КСД = \frac{E_o}{E^*}, \quad (4)$$

где E_o – эффект от применения гербицидов в опыте, %;
 E^* – «ожидаемый» эффект от применения гербицидов, %.

Эффективность баковых смесей оценивали по значению коэффициента совместного действия. При фактическом эффекте от воздействия баковой смеси, превышающем «ожидаемый», признавали наличие синергистического

⁵ Химическая и физическая характеристика пестицидов. <http://rupest.ru/ppdb/triasulfuron.html> (дата обращения 10.12.2018).

Таблица 1 — Эффективные дозы препаратов для тест-растений в условиях лабораторного опыта

Тест-растение (семейство)	Препарат	Доза, кг/га	Ингибирование, %	ED ₅₀ , кг/га	ED ₇₀ , кг/га
Фасоль (бобовые)	Шквал	0,50	24,9	1,40	3,8
		1,00	51,7		
		2,00	59,9		
		4,00	66,9		
	Линтур	0,05	52,9	0,30	0,5
		0,10	61,3		
		0,20	68,5		
	Голиаф	0,25	35,0	0,05	0,3
		0,50	79,3		
		1,00	84,4		
Подсолнух (астровые)	Шквал	1,00	37,1	1,70	3,9
		2,00	54,0		
		4,00	68,2		
		6,00	80,4		
	Голиаф	0,25	50,9	0,30	0,5
		0,50	69,7		
		1,00	92,3		
	Линтур	0,05	37,9	0,09	0,3
		0,10	55,9		
		0,20	63,4		
Редис (крестоцветные)	Шквал	1,00	48,7	0,90	1,8
		2,00	78,4		
		4,00	86,3		
	Голиаф	0,25	48,9	0,30	0,5
		0,50	68,7		
		1,00	90,3		
	Линтур	0,05	34,5	0,08	0,2
		0,10	62,8		
		0,20	67,5		
Пшеница (мятликовые)	Шквал	1,00	36,3	1,40	2,6
		2,00	64,6		
		4,00	80,6		
	Голиаф	0,25	42,9	0,30	0,5
		0,5	79,1		
		1,00	81,23		

взаимодействия действующих веществ и эффективность баковой смеси. В обратном случае сочетание препаратов считали неэффективным ввиду антагонизма действующих веществ.

Результаты и обсуждение

Исследования по оценке эффективности индивидуальных гербицидных препаратов и их баковых смесей проводили в два этапа. На первом этапе в условиях лабораторного вегетационного опыта определяли эффективные дозы препаратов и проводили первичную оценку эффективности баковых смесей на тестовых растениях различных семейств. Из однодольной

растительности тестировали семейство мятликовых, представителем которого является пшеница. Двудольная растительность была представлена семейством бобовых (фасоль), астровых (подсолнечник) и крестоцветных (редис). К данным семействам относится большинство сорной растительности, заселяющей земли не-сельскохозяйственного пользования. Оценка эффективности препарата Аатрон в условиях лабораторного опыта не проводили в связи с особенностями проявления токсического действия, которое может оставаться незаметным в течение длительного времени после применения гербицида и зависит от условий роста и вос-

Таблица 2 – Действие баковых смесей препаратов на тест-растения в условиях лабораторного опыта

Тест-растение (семейство)	Препарат	Доза, кг/га	Ингибирование, %	КСД
Фасоль (бобовые)	Голиаф+Линтур	0,25+0,1	75,2	1,00
		0,25+0,2	73,4	0,92
		0,5+0,1	82,1	0,89
	Шквал+Голиаф	1,00+0,25	72,1	1,05
		1,00+0,50	85,2	0,95
		2,00+0,25	9,	0,94
	Шквал+Линтур	1,00+0,05	78,2	1,01
		2,00+0,05	83,5	1,03
		2,00+0,10	87,3	1,03
Подсолнух (астровые)	Голиаф+Шквал	0,25+2,00	94,4	1,22
	Шквал+ Линтур	2,00+0,10	76,8	0,96
	Голиаф+Линтур	0,25+0,10	74,6	0,95
Редис (крестоцветные)	Голиаф+Шквал	0,25+1,0	78,3	1,06
		0,25+2,0	91,7	1,03
	Голиаф+Линтур	0,25+0,05	69,4	1,04
		0,25+0,1	94,1	1,16
	Шквал+Линтур	1,00+0,05	63,2	0,95
		1,00+0,10	76,1	0,94
Пшеница (мятликовые)	Шквал+Голиаф	1,00+0,25	79,8	1,25

приимчивости растений. Действие препарата Линтур не исследовалось на однодольной растительности ввиду ее резистентности к данному типу действующих веществ⁶. По результатам лабораторного опыта определены эффективные дозы (ED) препаратов, вызывающие 50 и 70 % ингибирование тест-растений различной семейственной принадлежности, которые приведены в таблице 1.

Анализ полученных результатов в лабораторном вегетационном опыте показал, что среди представителей двудольной растительности наибольшую чувствительность к исследуемым препаратам проявили растения семейства крестоцветных. Ингибирование этих растений наблюдалось в значительно меньших дозах, чем для представителей семейства астровых и бобовых. Так, дозы, обеспечивающие 70 % снижение фитомассы у редиса и фасоли, в результате воздействия препарата Шквал отличались в 2,1 раза, а Линтура – 1,5 раза.

В таблице 2 приведены результаты оценки действия баковых смесей препаратов в условиях лабораторного опыта.

Оценка совместного действия препаратов позволила выявить следующие особенности. Баковая смесь препаратов Голиаф и Шквал, содержащая их в дозах 0,25 кг/га и 2,0 кг/га, вызывала

ингибирование интенсивно вегетирующих растений подсолнечника на 94,4 %. Коэффициент совместного действия этой композиции составил 1,22. Значение коэффициента указывает на синергизм компонентов смеси и ее эффективность. При воздействии на представителей семейства бобовых, эффективным оказалось сочетание указанных препаратов в дозах 0,25 кг/га и 1,0 кг/га соответственно. Коэффициент совместного действия этой композиции составил 1,05.

Оценка действия баковой смеси Шквала и Линтура на представителях семейства бобовых и крестоцветных показала, что при сочетании этих препаратов существенных изменений в ответной реакции растений на их присутствие не отмечалось, при этом баковые смеси не теряли гербицидной активности. На рисунке 6 показаны растения фасоли через 28 сут после применения смеси Линтур+Шквал (0,05 кг/га+2,0 кг/га соответственно).

После обработки однодольных растений баковой смесью препаратов Шквал и Голиаф в дозах 1,0 кг/га и 0,25 кг/га также выявлен синергизм компонентов смеси. Коэффициент их совместного действия составил 1,25, что указывает на эффективное сочетание действующих веществ.

Первичная оценка действия баковых смесей показала, что при сочетании Голиафа и

⁶ Государственный каталог пестицидов и агрохимикатов, разрешенных к применению на территории Российской Федерации. Справочное издание // Приложение к журналу «Защита и карантин растений». 2017. № 4.

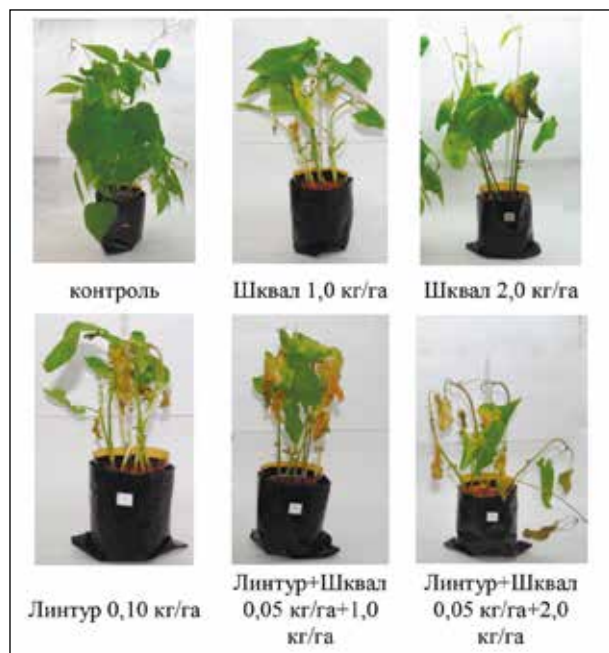


Рисунок 6 – Растения фасоли через 28 сут. после применения гербицидов



Рисунок 7 – Состояние растительности на опытной делянке после обработки четырехкомпонентной баковой смесью (Линтур+Голиаф+Шквал+Атрон)

Шквала на представителях семейства мятликовых, крестоцветных и астровых наблюдалось синергистическое взаимодействие препаратов. Ингибирование тестовых растений достигало 90 %, при этом дозы препаратов не превышали расчетные эффективные, вызывающие 50 % ингибирование (ED_{50}).

Результаты лабораторного исследования учитывались при оценке действия баковых смесей в условиях полевого опыта. Естественная растительность на опытных делянках была представлена следующими основными видами: семейство астровые – горчак ползучий (*Rhaponiticum repens*), полынь обыкновенная (*Artemisia vulgaris* L.), пижма обыкновенная (*Tanacetum vulgare* L.), чертополох колючий (*Carduus acanthioides*) и др.; семейство бобовые – донник лекарственный (*Melilotus officinalis*), горошек мышиный (*Vicia cracca*) и др.; семейство крестоцветные – ярутка полевая (*Thlaspi arvense*),

гулявник Лезеля (*Sisymbrium loeselii*) и др.; семейство мятликовые – кострец (*Bromus secalinus*), овсюг пустой (*Avena fatua*), гумай (*Sorghum halepense*), пырей ползучий (*Elymus repens*) и др. В таблице 3 приведены значения коэффициентов совместного действия препаратов в условиях полевого опыта.

Результаты эксперимента показывают, что в начале и середине второго вегетационного сезона 2018 г. коэффициенты совместного действия баковых смесей различного компонентного состава превышали 1, что указывает на совместимость действующих веществ и эффективность их композиции. Наибольшее значение коэффициента наблюдалось при сочетании четырех препаратов – Линтура, Голиафа, Шквала и Атрона. Это связано с тем, что на опытных делянках, где применялись индивидуальные препараты, их действие практически прекратилось, а на делянках, обработанных баковой смесью, благодаря различному механиз-

Таблица 3 – Коэффициенты совместного действия баковых смесей в условиях полевого опыта

Препарат	Доза, кг/га	Дата учета					
		2017 г.			2018 г.		
		10.07	8.08	4.09	18.06	16.08	9.10
Линтур+Голиаф+Шквал+Атрон	0,2+0,5+2,0+0,1	2,1	2,4	2,3	1,1	2,5	1,8
Шквал+Атрон+Линтур	2,0+0,1+0,2	1,6	1,8	1,9	1,4	1,6	1,3
Атрон+Голиаф	0,1+0,5	1,2	1,0	1,3	1,5	1,5	1,4
Голиаф+Шквал	0,5+2,0	1,2	1,0	1,3	1,1	0,9	0,6
Шквал+Атрон	2,0+0,1	0,9	0,9	1,1	1,7	1,4	1,2

му действия гербицидов оно сохранялось.

На рисунке 7 показано состояние растительности на опытной делянке после обработки четырехкомпонентной баковой смесью.

Опыты показали, что баковые смеси, содержащие в композиции современные препараты, такие как Шквал, Голиаф, Атрон и Линтур, в течение двух вегетационных периодов в условиях эксперимента обеспечивали длительное ингибирование нежелательной растительности.

Заключение

В ходе эксперимента установлено, что для контроля над нежелательной растительностью или ее полного уничтожения на тер-

ритории военных объектов целесообразно использовать баковую смесь, содержащую гербицидные препараты в сочетании Линтур+Голиаф+Шквал+Атрон. Анализ результатов экспериментальных работ показал, что баковые смеси в исследуемых сочетаниях в условиях мелкоделяночного полевого опыта после однократной обработки не теряли гербицидной активности и сдерживали рост естественной сорной растительности на протяжении двух сезонов вегетации. Коэффициенты совместного действия препаратов превышали единицу и указывали на наличие синергизма между действующими веществами и эффективность смеси.

Информация о конфликте интересов

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

Сведения о рецензировании

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

Список источников

1. Бездырев Г.И., Зотов Л.И., Полин В.Д. Сорные растения и меры борьбы с ними в современном земледелии. М., 2004.
2. Спиридонов Ю.Я., Шестаков В.Г. Развитие отечественной гербологии на современном этапе. М., 2013.
3. Кулакова Н.А., Лебедева Г.Ф. Гербициды и экологические аспекты их применения М., 2010.
4. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта М.: 1979.
5. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2016663317. (05.12.2016).
6. Спиридонов Ю.Я., Шестаков В.Г. Практика создания и эффективного применения комбинированных отечественных гербицидов в борьбе с сорняками в посевах зерновых колосовых культур // Агрохимия. 2013. № 1. С. 35–49.
7. Раскин М.С. Комплексные гербициды. Вопросы теории и практики // Материалы Всероссийского научно-производственного совещания. Голицыно, 1995. С. 128–132.

Об авторах

Федеральное государственное бюджетное учреждение «33 ЦНИИИ» Министерства обороны Российской Федерации. 412918, Российская Федерация, Федерация, Саратовская обл., г. Вольск-18, Краснознаменная, д. 1.

Кузнецова Наталья Ивановна. Научный сотрудник отдела.

Ивашёв Игорь Петрович. Ведущий научный сотрудник отдела, канд. хим. наук, старший научный сотрудник.

Медвецкий Игорь Викторович. Начальник научного отдела, канд. хим. наук.

Контактная информация для всех авторов: 33cnii-fes@mil.ru
Контактное лицо: Кузнецова Наталья Ивановна; 33cnii-fes@mil.ru

Use of Tank Mixtures of Herbicides for Annihilation of Non-Desirable Vegetation on Objects of the Ministry of Defence

N.I. Kuznetsova, I.P. Ivashov, I.V. Medvetskiy

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

The treatment of certain areas with tank mixtures of herbicides is a rational way of reducing costs of destruction of non-desirable vegetation at the facilities of the Ministry of Defence. The article is dedicated to the results of the evaluation of effectiveness of different modern herbicidal preparations and their tank mixtures during vegetative laboratory tests and field experiment. Monocotyledonous plants (pooideae including wheat), dicotyledon plants (legumes including kidney beans), sunflower family (including sunflower itself) and cruciferous plants (radishes) have been tested. These families include most of the weeds, infesting non-agricultural lands. The doses of individual drugs that cause 50% and 70 % mortality of plants were determined by the method of probit analysis. The efficiency of tank mixtures was evaluated by the value of the coefficient of synergistic action. If the actual effects of tank mixture exceeds the expected, the presence of synergistic interaction of active substances and the effectiveness of tank mixtures considered to be established (preparations Goliaf + Shkval for sunflower and pooideae; preparations Goliaf+Lintur for cruciferous plants). Otherwise, the combination of preparations was considered ineffective due to the antagonism of the active substances. The results of comparative experiments showed, that it is feasible to use a tank-type mixtures, containing herbicidal preparations Lintur+Goliaf+Shkval+Atron for the control or complete annihilation of non-desirable vegetation at military facilities .

Keywords: tank-type mixtures; greenhouse trial; herbicides; dicamba; coefficient of synergistic [combined] action; non-desirable vegetation; field experiment; preparation Atron; preparation Goliaf; preparation Lintur; preparation Shkval; synergism; triasulfuron.

For citation: Kuznetsova N.I., Ivashov I.P., Medvetskiy I.V. Using of tank-type mixtures with herbicidal preparations for annihilation of non-desirable vegetation on objects of the Ministry of Defence of the Russian Federation // *Journal of NBC Protection Corps*. 2019. V. 3. № 1. P. 65–74.

Conflict of interest statement

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

Peer review information

The article has been peer reviewed by two experts in the respective field. Peer reviews are available from the Editorial Board.

References

1. Bezdyrev G.I. Weeds and cultural control with them in present-day agriculture / G.I. Bezdyrev, L.I. Zotov, V.D. Polin. –.: TSHA, 2004. –288 p.
2. Spiridonov Yu.Ya. Evolution of domestic herbology / Yu.Ya. Spiridonov, V.G. Shestakov. – M: Pechatnyy gorod, 2013. – 426 p.
3. Kulakova N.A. Herbicides and aspects of their use / N.A. Kulakova, G.F. Lebedeva. – M.: Knizhnyy dom «LIBROKOM», 2010. – 152 p.
4. Dospheov B.A. Methodology of field experiment / B.A. Dospheov. – M.: Kolos, 1979. – 416.
5. Certificate of state registration of program for computer № 2016663317. Program of calculation of effective dose of ED50 and ED70 (DeLED) / Tretyakov S.V., Kuznetsova N.I., Molodchenko A.N., Zlobin A.V. ; rights holder FSBE «33 CSRTI» of the Ministry of Defence of the Russian Federation. – reg. 05.12.2016.
6. Spiridonov Yu.Ya. Practice of creation and effective using of combine of domestic herbicides in agriculture / Yu.Ya. Spiridonov, V.G. Shestakov // Agrochemistry. – 2013. № 1. – P. 35-49.
7. Raskin M.S. Complex herbicides. Questions of theory and practice // Materials of Russian scientific production conference – Golicyno, 1995. – P. 128-132.

Authors

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

Natal'ya Ivanovna Kuznetsova. Researcher.

Igor Petrovic Ivashov. Leading Researcher, Candidate of Chemical Sciences.

Igor Victorovich Medvetskiy. Head of Department, Candidate of Chemical Sciences.

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

Contact person: Kuznetsova Natal'ya Ivanovna; 33cnii-fes@mil.ru

**Юбилей главного редактора журнала
«Вестник войск РХБ защиты»
доктора технических наук, лауреата Ленинской премии 1991 г.,
генерал-полковника в отставке
Станислава Вениаминовича Петрова,
В 1989–1991 гг. Начальник химических войск СССР,
В 1992–2001 гг. Начальник войск РХБ защиты**

Генерал-полковник
Станислав Вениаминович Петров

Родился 3 апреля 1939 г. в городе Горьком (Нижний Новгород). Его отец, подполковник Вениамин Андреевич Петров, командир 14-й Гвардейской танковой бригады, погиб в бою 31.01.1944 г. под Шепетовкой.

На военной службе с 1956 г.

1956–1959 гг. – учеба в Саратовском военном училище химических войск, окончил училище в воинском звании лейтенант.

1959–1966 гг. – служба в войсках на должностях командира взвода и роты батальона химической защиты Белорусского военного округа.

1966–1971 гг. – учеба на командном факультете Военной академии химической защиты имени Маршала Советского Союза С.К. Тимошенко (Москва).

1971–1978 гг. – служба в войсках на должностях заместителя и начальника химической службы танковой дивизии, старшего офицера и заместителя начальника химических войск Белорусского военного округа.

1978–1980 гг. – учеба на основном факультете Военной академии Генерального штаба Вооруженных Сил СССР (Москва).

1980–1986 гг. – служба в войсках на должностях начальника химических войск Сибирского и Белорусского военных округов, а также Группы советских войск в Германии.

1986–1989 гг. – служба на должности первого заместителя начальника химических войск Вооруженных Сил СССР.

С 1989 г. по 1991 г. – начальник химических войск Вооруженных Сил СССР, с 1991 г. – начальник войск радиационной, химической и биологической защиты Вооруженных Сил Российской Федерации.

Участник ликвидации последствий катастрофы на Чернобыльской АЭС и ряда техногенных аварий.

Награжден государственными наградами:

ордена: «За заслуги перед отечеством» IV степени, «За военные заслуги», «За службу Родине в вооруженных силах СССР» II и III степени;

медали: «За боевые заслуги», «За спасение погибавших» и др.

Руководитель и участник работ по уничтожению химического оружия. Осуществлял координацию работ в рамках реализации президентской федеральной целевой программы «Уничтожение запасов химического оружия в Российской Федерации».

В 1987 г. защитил кандидатскую диссертацию, в 2001 г. – докторскую диссертацию.

В настоящее время главный научный сотрудник ФГБУ «27 Научный центр» Министерства обороны Российской Федерации.

Председатель наблюдательного совета Союза ветеранов войск РХБ защиты – базовой организации ветеранов войск РХБ защиты Вооруженных Сил Российской Федерации.



*Подполковник Вениамин Андреевич Петров,
командир 14-й Гвардейской Житомирско-
Шепетовской танковой бригады
4-го Гвардейского Кантемировского танкового кор-
пуса. Погиб в бою 31.01.1944 г. под Шепетовкой*



*Генерал-полковник в отставке
С.В. Петров*

Рассказ о таком человеке не может ограничиться просто перечислением ключевых вех его жизни. Переломная эпоха, на которую пришлось основная деятельность генерал-полковника С.В. Петрова, сделала его участником таких исторических событий, в которых надо было проявлять величайшую государственную ответственность и личное мужество. Война в Афганистане, Чернобыль, распад великой страны, постперестроечная бедность, война на Северном Кавказе и другие катастрофы, рушившие страну на глазах одного поколения советских людей, были тем ярким светом, который высветил как мародеров, трусов и предателей, так и тех, кто до последнего им противостоял, кто сохранил в этих условиях все, что было можно, и сделал все, что мог. Вот к ним – тем, кто сохранил, противостоял и сделал, относится генерал-полковник С.В. Петров. Именно ему пришлось во время распада советских Вооруженных Сил, безвременья горбачевского реформирования, в период строительства и развития Вооруженных Сил РФ принимать все меры к сохранению и поддержанию их в готовности к выполнению боевых задач.

В развитии структуры войск РХБ защиты в 1990-е гг., проводимой под руководством ге-

нерал-полковника С.В. Петрова, были характерны следующие направления деятельности: подготовка войск (сил) для РХБ защиты создаваемых группировок войск, решающих стратегические и оперативно-стратегические задачи, при выполнении задач по локализации военных конфликтов, обеспечении РХБ защиты коалиционных группировок войск (стратегические командно-штабные учения «Редут-95», «Редут-97» и др.);

сохранение целостности войск и предотвращение их «растаскивания» по новым структурам, ориентированным на решение сходных задач;

создание новых мобильных соединений РХБ защиты постоянной готовности, способных ликвидировать последствия аварий и катастроф;

создание во всех округах бригад РХБ защиты;

уничтожение запасов химического оружия; решение задач биологической защиты войск и населения РФ.

В развитии вооружения войск РХБ защиты для генерал-полковника С.В. Петрова было характерно видение их перспектив даже тогда, когда главенствующей точкой зрения других военных экспертов на новый образец

вооружения было представление о его мало-перспективности. Характерным примером является принятие на вооружение тяжелой огнеметной системы, известной как ТОС-1 «Буратино».

Указанная система разрабатывалась в период с 1971 г. по 1979 г. в Конструкторском бюро транспортного машиностроения (Омск) совместно с рядом других НИИ и КБ. Инициатива ее разработки принадлежит начальнику химических войск Владимиру Карповичу Пикалову (1924–2003), в прошлом артиллеристу. Он видел ее как реактивную огнеметную систему химических войск. В 1980 г. машина успешно прошла государственные испытания и была рекомендована для принятия на вооружение в ВС СССР. В 1985 г. к ней был разработан новый термобарический снаряд. Однако на вооружение она так и не поступила из-за возражений артиллеристов. Они считали противоестественным наличие такой системы в химических войсках, к тому же с незначительной дальностью поражения (2700 м для зажигательной и 3500 м для термобарической боевой части), когда в войска уже поступали РСЗО «Град-1» и «Ураган», также способные стрелять термобарическими и зажигательными снарядами, но на значительно большие расстояния. Про ТОС-1 «Буратино» забыли. О тяжелой огнеметной системе вспомнил генерал-полковник С.В. Петров, когда потребовалось как можно более эффективно прикрыть вывод советских войск из Афганистана.

При мощной поддержке генерала армии Валентина Ивановича Варенникова (1923–2009) на Омский завод были доставлены две находившиеся в довольно плачевном состоянии установки, которые удалось восстановить, а на предприятиях промышленности была произведена большая партия НУРС к ТОС-1 «Буратино» в снаряжении боевой части как зажигательной, так и новой термобарической смесью. Обе машины были направлены в Афганистан в составе специально сформированного отряда, где в период с декабря 1988 г. по февраль 1989 г. были использованы в ходе операции «Тайфун» в боевых действиях в Чарикарской долине и на Южном Саланге. Действие термобарических боеприпасов по целям в горах наносило большой ущерб противнику из-за взаимного наложения воздушных ударных волн и их многократного отражения от окружающих скал. По отзывам советских военных, выводивших войска из Афганистана, ничего страшнее снарядов системы «Буратино» для противника тогда не было. Препятствий к принятию на вооружение войск РХБ защиты тяжелой ог-



Рисунок 1 – ТОС-1 А¹

¹ Фотография М.В. Супотницкого



Рисунок 2 – Машина РХМ-7 Берлога¹

¹ Изображение взято с сайта <https://zen.yandex.ru/media/id/5a89b22ead0f22554cfdcbl1a/berloga-dlia-samyh-ekstremalnyh-sluchaev-5ba12afca679a400aac64c1e> (дата обращения 01.03.2019 г.)

нетной системы уже не было, 20.04.1995 г. ТОС-1 «Буратино» была принята на вооружение.

Две ТОС-1 «Буратино» применялись во Второй чеченской войне, в частности, в боях за село Комсомольское в марте 2000 г. Бывший командующий федеральными войсками в Чечне и Дагестане периода конфликта в Чечне генерал-полковник Геннадий Трошев в своих воспоминаниях отмечал: «Высокая точность и большая эффективность стрельбы этой системы позволили достичь результатов там, где другие огневые средства оказались бессильны».

Под руководством генерал-полковника С.В. Петрова в 1990-е гг. тяжелая огнеметная система была значительно усовершенствована. Так появилась ТОС-1А, принятая на вооружение в 2003 г. Система позволяет поражать противника на расстоянии до 6 км и значительно более защищена от огня противника (рисунок 1).

Для всех образцов оружия, разработанных под руководством генерал-полковника С.В. Петрова, характерны высокая эффективность,

Таблица 1 – Отдельные образцы оружия и других средств войск РХБ защиты, разработанные под руководством генерал-полковника С.В. Петрова или принятые на вооружение*

Название	Год принятия на вооружение
Бортовой комплект специальной обработки БКСО	1990
Авторазливочная станция АРС-15 М	1990
Вертолетный дымовой контейнер ВДК	1992
Фильтрующий противогаз ПФР-М	1992
Войсковой лабораторный комплекс АЛ-5	1994
Тяжелая огнеметная система ТОС-1	1995
Пусковая установка зажигательно-дымовых патронов ПУ-ЗДП	1995
Войсковой автоматический газосигнализатор ГСА-2	1996
Костюм защитный с вентилируемым подкостюмным пространством КЗВП	1996
Вертолет автоматизированной РХБ разведки МИ 24РА	1997
Комплект бортовых аэрозольных генераторов для АРС-14	1997
Газосигнализаторы автоматический стационарный и бортовой ГСА-14	1998
Прибор химической разведки дистанционного действия ПХРДД-1	1998
Противогаз фильтрующий летный ПФЛ-М	1998
Общевойсковой защитный комплект ОЗК-Ф	1999
Авторазливочная станция АРС-14КМ	1999
Шашка дымовая повышенной эффективности ШД-П	1999
Газосигнализатор войсковой автоматический ГСА-3	2001
Тяжелая боевая машина огнеметчиков БМО-Т	2001
Транспортная заряжающая машина ТЗМ-Т ТОС-1	2001
Снаряд НУРС-ТБС-М	2001
Снаряд НУРС-МОС	
Легкий пехотный огнемет ЛПО-97	2002
Малогабаритный реактивный огнемет МРО-А	2003
Модернизированная тяжелая огнеметная система ТОС-1А	2003
Струйный пехотный огнемет СПО	2005
Машина РХМ-7 Берлога	2005

*Примечание. ТТХ данных образцов техники можно посмотреть в глобальной сети «Интернет»

надежность и простота использования, сохранившие жизнь многим нашим военнослужащим как во время операций в Афганистане,

на Северном Кавказе, так и в настоящее время в Сирии. В таблице 1 и на рисунках 2–5 показаны некоторые из них.

**Рисунок 3 – Малогабаритный реактивный огнемет МРО-А¹**

¹ Изображение взято с сайта <https://war-time.ru/item/malogabaritnyj-reaktivnyj-ognemet-mro-borodach-mro-a-mro-dz-mro-z-mro-d> (дата обращения 01.03.2019 г.)



Рисунок 4 – Вертолет автоматизированной РХБ разведки МИ 24РА¹



Рисунок 5 – Транспортно-заряжающая машина ТЗМ-Т¹

¹ Изображение взято с сайта <http://авиару.рф/aviamuseum/aviatsiya/sssр/vertolety/vertolety-kb-milya/mnogotselevoj-udarnyj-vertolet-mi-24/vertolet-himicheskoy-razvedki-mi-24hr/> (дата обращения 01.03.2019 г.)

Другая сложнейшая задача, решение которой легло на плечи генерал-полковника С.В. Петрова, это уничтожение запасов химического оружия. Политическое решение уничтожить химическое оружие было принято президентом СССР М.С. Горбачевым наряду с другими его инициативами по разоружению СССР. Для химических войск СССР задача уничтожения химических боеприпасов не была новой. Уже с середины 1970-х гг. Министерство обороны СССР начало разработку технологий утилизации аварийных химических боеприпасов, небольшое количество которых было выявлено на арсеналах и хранилось в герметичных футлярах. Эта работа была успешно завершена разработкой в 1980 г. первого комплекса КУАСИ (комплекс уничтожения аварийных специзделий), в основу функционирования которого была положена двухстадийная технология утилизации отравляющих веществ нервно-паралитического действия. Теперь же надо было решать задачу уничтожения миллионов штук химических боеприпасов и 40 тыс. тонн ОВ. В 1988 г. МО СССР в кооперации с другими министерствами и ведомствами была завершена разработка концепции по подготовке страны к возможному вступлению в действие КХО¹, однако СССР распался. Начинать подготовительную работу к уничтожению химического

¹ Фотография М.В. Супотницкого

оружия пришлось в новых и гораздо менее благоприятных условиях, чем в СССР. В отличие от США, Россия не обладала на момент присоединения к КХО ни финансовыми ресурсами, ни промышленно апробированной технологией уничтожения ОВ, и находилась в сложнейшем экономическом положении. Но с войск РХБ защиты задачу уничтожения химического оружия никто не снимал. Все эти проблемы обрушились на генерал-полковника С.В. Петрова. Надо было на конкурсной основе выбрать наиболее оптимальную технологию, позволяющую безопасно уничтожить огромные запасы химического оружия; создавать законодательную базу, на основе которой можно было начать строительство новых заводов по уничтожению химического оружия; формировать новую организационно-штатную структуру управления начальника войск (УНВ), готовить квалифицированные кадры, переподчинить войскам РХБЗ пять арсеналов хранения химического оружия – два из ГРАУ (Главное ракетно-артиллерийское управление) и три из состава ВВС, и еще многое и многое другое. Объем проведенной работы в будущем оценят историки, здесь можно только назвать дату уничтожения последнего химического российского боеприпаса – 27 сентября 2017 г., объект «Кизнер» в Удмуртии².

Мало кто знает, что именно С.В. Петров спас в 1992 г. НИО биологического профиля бывшего 15-го управления МО СССР. В это

¹ Конвенция о запрещении разработки, производства, накопления и применения химического оружия и о его уничтожении. Конвенция вступила в силу 29 апреля 1997 г. после того, как была ратифицирована 65-м ее участником (Венгрия). Россия присоединилась к КХО 05.12.1997 г.

² В конце 2000 г. Указом президента № 1729 «О дополнительных мерах по обеспечению работ в области химического разоружения» задача уничтожения химического оружия с МО РФ была снята. При Российском

управление входили уникальные научно-исследовательские организации со своей не менее уникальной историей. Работы по созданию биологического оружия велись в межвоенный период в Германии, Польше, Румынии, Великобритании, Франции, Японии и ряде других стран. В оккупированной японцами Маньчжурии до августа 1945 г. находились два центра подготовки биологической войны (отряды 731 и 100) со своими многочисленными филиалами. Японские военные, начиная с боев на Халхин-Голе в 1939 г., неоднократно осуществляли бактериологические диверсии против СССР. США открыто применяли биологическое оружие в 1952 г. во время войны на Корейском полуострове. Советское руководство не могло не реагировать на опасность биологической войны и с 1930-х гг. создавало военные НИО, предназначенные для защиты войск и населения от биологического оружия. В кратчайший срок советскими военными биологами были созданы высокоэффективные чумная, сибиреязвенная, туляремийная и другие вакцины, налажено производство ботулинических анатоксинов, пенициллина и стрептомицина, разработаны другие средства и способы специфической и неспецифической профилактики и лечения поражений возбудителями опасных инфекционных болезней. Они перекрывали вероятному противнику возможности по применению биологического оружия того времени. И это была одна из основных причин, объясняющих, почему японские военные не решились начать биологическую войну против советских войск во время Маньчжурской наступательной операции Советской Армии в 1945 г.

После распада СССР в 1991 г. НИО 15-го управления МО СССР оказались в сложном положении. Советской армии и 15-го управления уже не было. Против самих НИО в отечественных и западных СМИ велась кампания по их дискредитации. Ее «гвоздем» было обвинение СССР в нарушении КБТО³, о чем свидетельствовал якобы «выброс спор сибирской язвы» весной 1979 г. в Свердловске. Хотя не было ни одного эпидемиологического доказательства «выброса» и он даже не был возможен технически, этого не интересовало. Из глубин хаоса того времени всплывали ранее неизвестные «свидетели», «эксперты», «пострадавшие»,

делавшие заявления, дублируемые Госдепом США. Западу осколки работавшей на упреждение системы 15-го управления были как «кость в горле». Ее надо было уничтожить! Ложь наслаивалась на ложь и затекала в любые щели, где еще могла сохраниться правда. В этих условиях начала 1990-х гг. далеко не каждый крупный военный руководитель решился бы «подобрать» опальную и оболганную систему, особенно после того, как ряд других руководителей военного ведомства от нее демонстративно отказались. За то время, что генерал-полковник С.В. Петров руководил войсками РХБ защиты, ни одна НИО бывшего 15-го управления не была ни закрыта, ни реформирована под другие задачи.

Широкий кругозор и стратегическое мышление подсказали военному химику, что биологические угрозы России в ближайшей перспективе будут не только нарастать, но и на стыке химии и биологии многократно усиливать свою опасность. Так оно и получилось. К концу 1990-х гг. появилось новое направление в токсикологии – нанотоксикология, т.е. наука, изучающая потенциальную опасность нанообъектов (трансгенных конструкций, наноструктур, нанороботов, наномеханизмов и др.), уже не подпадающих под определение ни химических, ни биологических поражающих факторов. Да и традиционные противники, теперь «новые друзья» России, не обошли ее своим вниманием. В настоящее время Россия окружена военно-биологическими объектами США гораздо плотнее, чем в 1930–1940-х гг. СССР японскими.

В конце 1990-х гг. генерал-полковнику С.В. Петрову пришлось *решать задачи, не характерные для Министерства обороны, а именно дипломатические*. КБТО не содержит механизмов проверки ее соблюдения. В то же время американская сторона постоянно высказывала всякого рода «озабоченности» и особенно в отношении России. Вновь и вновь вытаскивалась тема «свердловской язвы» как наиболее действенного инструмента агрессивного политического шантажа. Тогда дипломаты ряда стран-участников КБТО предложили разработать механизм контроля за ее соблюдением, закрепленный специальным документом, названным впоследствии «Про-

агентстве по боеприпасам было сформировано Федеральное управление по безопасному хранению и уничтожению химического оружия. Из состава УНВ РХБЗ было выведено целиком сформированное С.В. Петровым Управление ликвидации химического оружия и значительная часть офицеров других управлений и служб, преобразованных в Федеральное управление. Руководство Федеральным управлением с первых дней и по настоящее время осуществляет доктор технических наук, профессор, генерал-полковник В.П. Капашин.

³ Конвенция о запрещении разработки, производства и накопления запасов бактериологического (биологического) и токсинного оружия и об их уничтожении. КБТО была открыта для подписания 10.04.1972 г. и вступила в силу 26.03.1975 г. СССР ратифицировал КБТО 10.04.1972 г.

токолом». Американцы и их союзники охотно согласились с этой идеей, подразумевая, что контролировать уж точно будут они. И еще до согласования «Протокола» стали готовить инспекции российских объектов. Однако С.В. Петров не позволил им это сделать на формальном основании, так как для инспектирования не было юридического основания, т.е. согласованного «Протокола».

В период с 1996 по 2001 гг. в Женеве вела работу Специальная группа государств-участников КБТО. Непосредственно в Женеве нашей группой руководил генерал-лейтенант мед. сл. Н.Т. Васильев. В ходе сессий Специальной группы западные делегации и их услужливые новые союзники оказывали жесточайшее давление на российскую делегацию, добиваясь дискриминационного и тотального режима контроля для российских военно-биологических объектов. Одновременно они запутывали само определение «биологическое оружие», чтобы под него подвести любую пробирку в клинике инфекционных болезней⁴. Однако, когда по инициативе генерал-полковника С.В. Петрова, российская делегация стала настаивать на том, что по этому же документу контролю должны подвергаться объекты на территории самих США и особенно на их «заморских территориях», то среди «партнеров» началась паника. Не ожидали. В июле 2001 г. США внезапно в одностороннем порядке отказались принять ими же уже продавленный и согласованный вариант «Протокола» и отказались от дальнейших переговоров по нему. Даже о «свердловской язве» забыли. Обосновывая свое решение, их представитель бесхитростно заявил, что тогда США «окажутся открытыми для других государств, но ничего не получат

взамен», и «все эти открытые меры могут быть использованы правительствами других стран для выведывания американских секретов». Так была провалена попытка навязать России невыгодный ей политический документ, заведомо делавший ее обвиняемой стороной. При этом был достигнут значительный политический выигрыш, поскольку разработка «Протокола» приостановлена «руками» тех, кто больше всего на нем настаивал.

Генерал-полковник С.В. Петров заботился и о высоком нравственном воспитании солдат и офицеров Российской армии. В начале 1990-х гг. под его руководством построены первые в Вооруженных Силах России два храма (в училищах войск РХБ защиты в Саратове и Костроме). Инициатива была поддержана на самом высоком уровне как руководством Вооруженных Сил, так и руководством Русской Православной Церкви. Также по его инициативе Министерством обороны был закуплен тираж книги Дмитрия Нечволодова «Сказания о Русской земле» (Свердловск, 1991 г.) и более 25 тыс. экземпляров этой книги отравлены в библиотеки воинских частей.

После ухода в отставку генерал-полковник С.В. Петров остался в войсках РХБ защиты, занимается научно-исследовательской работой, защитил докторскую диссертацию и до сегодняшнего дня успешно работает на благо России, участвуя в разработке новых образцов средств защиты, техники и вооружения для российской армии. Организация в 2017 г. журнала «Вестник войск РХБ защиты», первого открытого научно-практического журнала войск РХБ защиты за более чем 100 лет их существования – также его инициатива.

⁴ В соответствии со ст. 1 КБТО *биологическое оружие* – это оружие, оборудование или средства доставки, предназначенные для использования биологических поражающих агентов или токсинов во враждебных целях или в вооруженных конфликтах. Миф о биологическом оружии, как «дешевом оружии бедных», где все «оружие» уместается в пробирку, придуман в начале 1990-х гг. в США в качестве инструмента политического давления на страны, неподконтрольные Западу. Он позволяет обвинить любую страну в создании неконвенционного оружия и развязать войну «во имя свободы и демократии», что мы увидели на примере Ирака. Генерал-полковник С.В. Петров, чтобы избежать запутывания терминологии «партнерами», настоял на разработке глоссария, общего для всех экспертов.

Коллеги, ученики, бывшие сослуживцы генерал-полковника С.В. Петрова поздравляют его с юбилейной датой и желают здоровья и всего самого хорошего ему и его семье.

**Представители войск РХБ защиты ВС РФ
приняли участие в XXVII Международных
Рождественских образовательных чтениях
и в торжественном акте в честь 10-летия
Поместного Собора Русской Православной Церкви
и интронизации Патриарха Кирилла**



Выступление Предстоятеля Русской Церкви Святейшего Патриарха Кирилла¹

¹ Изображение взято с сайта www.patriarhia.ru (дата обращения 01.02.2019 г.)

Заседание Военной секции XXVII Международных Рождественских образовательных чтений состоялось 28 января 2019 г. в Военном университете Министерства обороны Российской Федерации. В ходе мероприятия представители войск РХБ защиты ВС РФ обсудили различные вопросы, связанные с развитием института военного духовенства, с особенностями духовно-нравственного и патриотического воспитания военнослужащих, взаимодействия церкви, органов власти и военно-патриотических объединений в воспитании будущих защитников Отечества, а также поделились опытом работы с личным составом, в том числе и в боевых условиях.

31 января 2019 г. в Государственном Кремлевском дворце представители войск РХБ защиты ВС РФ приняли участие в торжественном

акте в честь 10-летия Поместного Собора Русской Православной Церкви и интронизации Святейшего Патриарха Кирилла.

Возглавили торжественный акт Президент России Владимир Путин и сам Предстоятель Русской Церкви.

Также в торжествах приняли участие Предстоятели Поместных Православных Церквей, среди которых Патриарх Антиохийский и всего Востока Иоанн X, Патриарх Сербский Ириней, митрополит Чешских земель и Словакии Ростислав, митрополит всей Америки и Канады Тихон, митрополит Токийский и всей Японии Даниил.

Помимо них, в акте приняли участие делегации Александрийской, Грузинской, Румынской, Болгарской и Польской Православных Церквей.



**Выступление Президента России
Владимира Путина¹**

¹ Изображение взято с сайта www.patriarhia.ru (дата обращения 01.02.2019 г.)

В рамках торжеств был показан документальный фильм «Путь» режиссера Эллы Тухарелли.

Обращаясь к собравшимся, Президент России отметил, что «государство продолжит активно развивать созидательное партнерство с Церковью во всех значимых областях, в первую очередь – в воспитании молодого поколения, в



**Интервью участников
делегации¹**

¹ Изображение взято с сайта www.patriarhia.ru (дата обращения 01.02.2019 г.)

сбережении культурного достояния, в решении насущных общественных проблем».

Далее выступил Святейший Патриарх Кирилл, после чего состоялся праздничный концерт.

*Младший научный сотрудник 27 НЦ МО РФ
Соляник Нелли Павловна*



Показ документального фильма Путь¹

¹ Изображение взято с сайта www.patriarhia.ru (дата обращения 01.02.2019 г.)



Праздничный концерт¹

¹ Изображение взято с сайта www.patriarhia.ru (дата обращения 01.02.2019 г.)



**Выступление представителя
Военного университета¹**

¹ Фотография Н.В. Смирновой



**Участники заседания
Военной секции¹**

¹ Фотография Н.В. Смирновой

Выставка трофейной техники и оружия иностранного производства в Государственной Думе



Специалист войск РХБ защиты представляет юнармейцам экспозицию войск РХБ защиты¹

¹ Фотография Т.В. Шмелевой и А.В. Акимущкина

В период с 11 по 15 марта 2019 г. в здании Государственной Думы впервые состоялась выставка трофейной техники и оружия иностранного производства, захваченного у незаконных вооруженных формирований на территории Сирийской Арабской Республики. Впервые в истории российского парламента выставлялось столько трофейной техники и оружия сразу.

Участниками выставки были Министр обороны Российской Федерации генерал армии С.К. Шойгу, Председатель Государственной Думы В.В. Володин, представители войск радиационной, химической и биологической защиты Вооруженных Сил Российской Федерации, а также лидеры думских фракций, члены их семей, воспитанники кадетских классов московских школ, представители районного военно-патриотического общественного движения «Юнармия», журналисты.

На выставке была представлена экспозиция войск радиационной химической и биологической защиты Вооруженных Сил Российской Федерации, демонстрирующая трофейные средства индивидуальной защиты органов дыхания и кожи, захваченные у незаконных вооруженных формирований на территории

Сирийской Арабской Республики, а также фрагменты боеприпасов кустарного производства и самодельная пусковая установка для запуска НУРС, которые могли использоваться боевиками для применения отравляющих веществ (далее – экспозиция войск РХБ защиты).

Особый интерес у участников выставки вызвала трофейная лабораторная посуда, предназначенная для проведения различных химических исследований в полевых условиях, в том числе для синтеза токсичных соединений при наличии соответствующих специалистов.

Кроме того, экспозиция содержала амуницию международной организации «Белые каски». Представленные на экспозиции войск РХБ защиты средства защиты использовались активистами «Белых касок» для съемки постановочных видеороликов о применении химического оружия правительственными войсками.

За время активной фазы вооруженного конфликта в Сирии химическое оружие применялось террористическими группировками более двухсот раз. В подавляющем большинстве случаев в качестве химического оружия использовались различные самодельные боеприпасы в снаряжении



Специалисты войск РХБ защиты представляют свою экспозицию Министру обороны Российской Федерации, председателю Госдумы В.В. Володину и руководителям Думских фракций¹

¹ Фотография справа Т.В. Шмелевой и А.В. Акимущкина

хлором, в меньшей степени использовались боеприпасы, снаряженные ипритом и заринном.

В качестве химических боеприпасов боевиками использовались кустарно изготовленные устройства, представляющие собой емкости различного объема, снабженные контактным взрывателем и разрывным зарядом. Для боевого применения таких кустарных «химических боеприпасов» использовались метательные установки (газометы). Низкая надежность функционирования кустарных боеприпасов зачастую приводило к их нештатному функционированию либо отказам.

Так, например, в ноябре 2016 г. в населенном пункте Марат-Умм-Хауш (провинция Алеппо) один из таких неразорвавшихся химических боеприпасов

кустарного производства в снаряжении ипритом был обнаружен экспертной группой войск РХБ защиты Вооруженных Сил Российской Федерации при проведении разведки мест применения боевиками химического оружия. Собранные экспертной группой материальные и документальные доказательства применения химического оружия боевиками были переданы в ОЗХО, которая подтвердила данный факт применения боевиками химического оружия.

В целом экспозиция войск РХБ защиты произвела огромное впечатление на аудиторию, а также вызвала живой интерес среди участников выставки.

*Младший научный сотрудник 27 НЦ МО РФ
Соляник Нелли Павловна*



**Выставка трофейной техники и оружия иностранного производства, захваченного у незаконных вооруженных формирований на территории Сирийской Арабской Республики¹
(на первом снимке представлена экспозиция войск РХБ защиты)**

¹ Фотографии Т.В. Шмелевой и А.В. Акимущкина

В Военной академии радиационной, химической и биологической защиты имени Маршала Советского Союза С.К. Тимошенко проведена историко-патриотическая акция «Военно-исторический диктант»



Международная просветительская акция «Знаешь историю – любишь Отечество» проводится в целях патриотического и духовно-нравственного развития граждан нашей страны, в первую очередь молодого поколения, активного противоборства фальсификации истории государства, армии и флота. Завершится она накануне Дня России (12 июня 2019 г.).

«В Вооруженных Силах Российской Федерации (далее – ВС РФ) становится доброй традицией отмечать Дни воинской славы и памятные даты России проведением военно-исторических диктантов. Это интересная и перспективная форма исторического просвещения, которая, как становится все более ясным, эффективно служит формированию у личного состава ВС РФ прочных исторических знаний.

Сегодняшний диктант посвящен Дню защитника Отечества. Этот праздник всегда был и остается по-хорошему мужским, ибо напоминает об истинно мужском занятии – защите Родины», – отметил заместитель министра обороны Российской Федерации – начальник Главного военно-политического управления ВС РФ, генерал-полковник А.В. Картаполов на открытии диктанта.

Одними из первых свои знания по военной истории проверили военнослужащие Восточного военного округа на Курильских островах и отдаленных подразделений на острове Врангеля и мысе Шмидта.

Всего было развернуто 895 площадок для более 122 тысяч участников.

20 февраля 2019 г. в Военной академии радиационной, химической и биологической



защиты имени Маршала Советского Союза С.К. Тимошенко (далее – Военная академия) была развернута площадка для проведения Всероссийского военно-исторического диктанта.

В диктанте приняли участие начальник войск радиационной, химической и биологической защиты Вооруженных Сил Российской Федерации генерал-лейтенант И. Кириллов, начальник Военной академии генерал-майор И. Емельянов, профессорско-преподавательский состав и курсанты Военной академии, а также представители юнармейских отрядов и Костромского кадетского корпуса, студенты и преподаватели Костромского государственного университета. Всего – более 450 человек.

Перед началом диктанта были развернуты тематические выставки (историческая, образцов вооружения и средств войск РХБ защиты, находок поискового отряда «Патриот» с мест сражений Великой Отечественной войны).

Организованы встречи с известными историками, творческими людьми и писателями Костромской земли – с помощником председателя Костромской областной думы И. Богдановым, ректором Костромского государственного университета А. Наумовым, председателем Союза ветеранов Афганистана Костромской области В. Внуковым, редактором альманаха «Костромской собеседник» Л. Сбитневой, директором Костромской областной универсальной библиотеки А. Емельяновым, председателем регионального отделения Российского военно-исторического общества, членом Общественной палаты Костромской области М. Ворошниним.

Фотографии предоставлены Военной академией радиационной, химической и биологической защиты имени Маршала Советского Союза С.К. Тимошенко.

*Младший научный сотрудник 27 НЦ МО РФ
Соляник Нелли Павловна*



В 282 учебном Трансильванском Краснознаменном ордена Александра Невского центре войск РХБ защиты приведено к присяге молодое пополнение



26 января 2019 г. на территории 282 учебного Трансильванского Краснознаменного ордена Александра Невского центра войск РХБ защиты (учебный центр) состоялось торжественное приведение к военной присяге молодого пополнения младших специалистов. На верность Отечеству присягнули более 500 новобранцев из разных уголков России, в том числе 8 – из Ногинского муниципального района Московской области.

На церемонии присутствовали ветераны Вооруженных Сил Российской Федерации, командование учебного центра, представители администрации Ногинского муниципального района и Русской православной церкви, участники юнармейского движения, родные и близкие будущих воинов – специалистов РХБ защиты.

В 282 учебном центре подготовка младших специалистов осуществляется не только для воинских частей войск РХБ защиты Вооруженных Сил Российской Федерации, но и в интересах других видов и родов войск. Здесь готовят специалистов по 14 военно-учетным специальностям. В центре

создан учебно-тренажерный комплекс, который в своем составе имеет современные учебно-тренировочные средства – тренажер тяжелой огнеметной системы ТОС-1А, тренажер разведывательной химической машины РХМ-6, тренажер тепловой машины специальной ТМС-65Д, тренажер термической дымовой аппаратуры ТДА-2К, тренажер подготовки огнеметчиков РПО-А. При подготовке младших специалистов используются такие новые средства, как компьютерные обучающие программы, электронные учебники, тренажеры, тестовые системы и обучающие системы на базе мультимедиа технологий, построенные с использованием персональных компьютеров.

Ежегодно 282-й учебный центр войск РХБ защиты выпускает более тысячи курсантов, среди которых не только призывники, но и военнослужащие по контракту.

Фотографии предоставлены 282 учебным центром войск РХБ защиты.

*Младший научный сотрудник 27 НЦ МО РФ
Соляник Нелли Павловна*



Правила направления и опубликования 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 РХБЗ и средства РХБ защиты.

Лекции по ключевым вопросам РХБ-безопасности.

Повседневная деятельность войск РХБЗ.

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 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 либо 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/sovet-po-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 лишние вводные слова и бессодержательные фразы

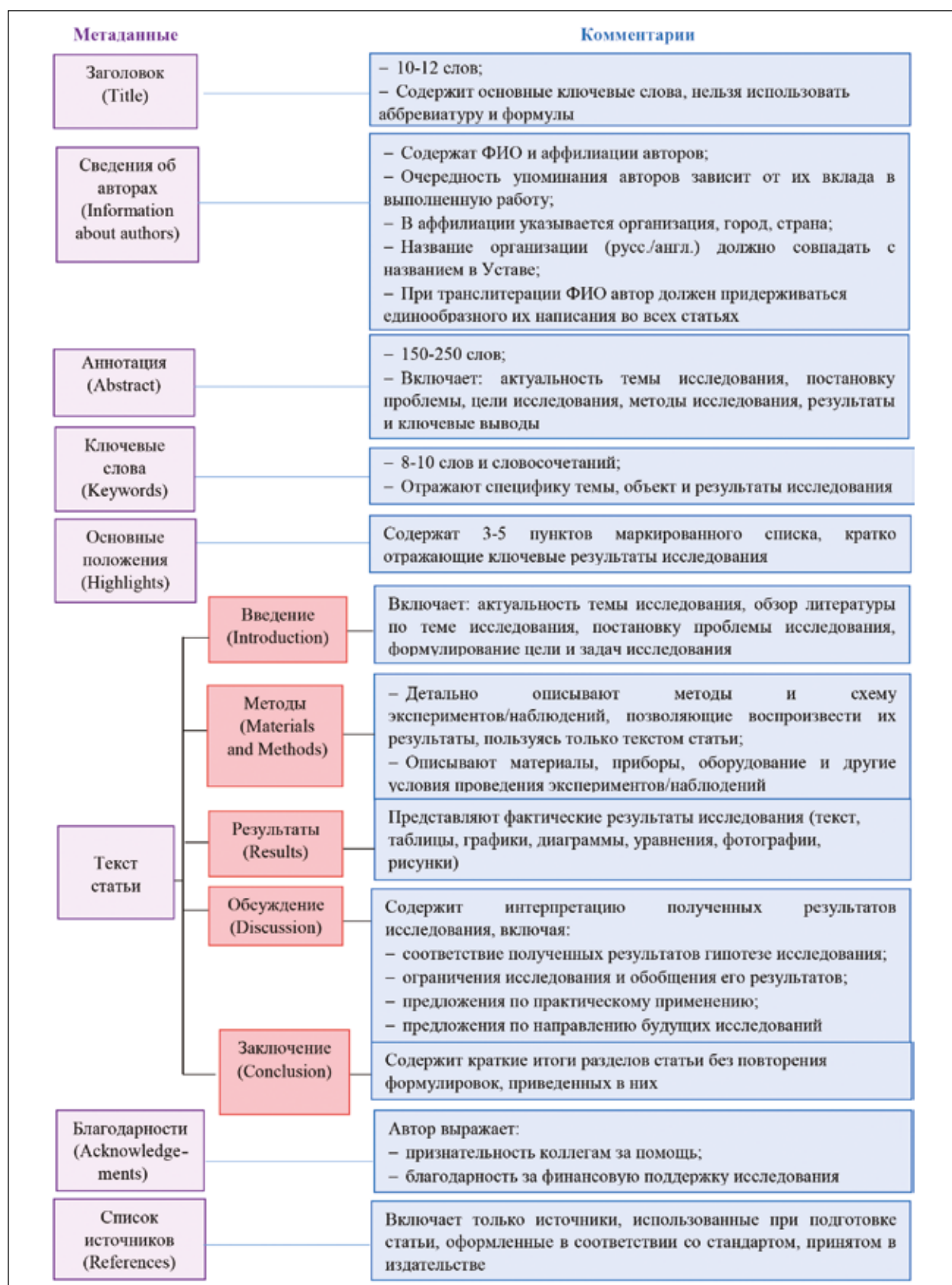


Рисунок 1 – Схема построения оригинальной научной статьи
(Краткие рекомендации для авторов по подготовке и оформлению научных статей в журналах, индексируемых в международных наукометрических базах данных. М., 2017)

типа «автор статьи рассматривает...», «общеизвестно...», «как известно», «в наши дни», «в последнее время», «в установленном порядке», «все большее внимание», «можно сказать», «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, реферат, 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 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.

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, 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, нуж-

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

но 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.

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 научно-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 персональных 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» двумя рецензентами. Готовые рецензии от авторов не принимаются. Минимальный срок рецензирования – 2–3 недели. Автор(ы) при желании и согласии рецензентов, подтвержденными письменно, могут перейти на модель открытого рецензирования. Рецензии постоянно хранятся в редакции журнала. Если рецензии положительны, 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.

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 электронной почте (E-mail: 27nc_1@mil.ru).

18. Типовые ошибки авторов. Два 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:

- 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;

- таблицы и рисунки должны идти сразу после упоминания в тексте;

- 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 библиогра-

фического 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 написания сокращений. Прежде всего обратить внимание на то, где ставятся и где не ставятся точки: год (г.), годы (гг.), века (вв.), месяц (мес.), неделя (нед.), 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. Характерной ошибкой в ссылках на интернет-источники является отсутствие даты обращения к этим источникам.

Порядок 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 опубликования 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 № 23–17 означает, что она поступила 23-й по счету в 2018 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 обязательному рецензированию. Используются две модели рецензирования – двойное слепое и открытое (по выбору авторов).

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. В случае принятия к опубликованию или отклонения рукописи, автору высылаются мотивированное заключение с приложением рецензий.

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) или опубликована на сайте журнала (в случае открытого рецензирования). 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.

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 рецензирование 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 к 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 нужда-

ющаяся 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 на-

правляет 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. Редколлегия при возникновении сомнений у членов редколлегии в целесообразности опубликования рукописи в журнале или при наличии отрицательной рецензии на нее, может рекомендовать главному редактору направить рукопись на дополнительное рецензирование.

15. 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 _____ 201_ г.

Заместитель главного редактора
_____ 201_ г.

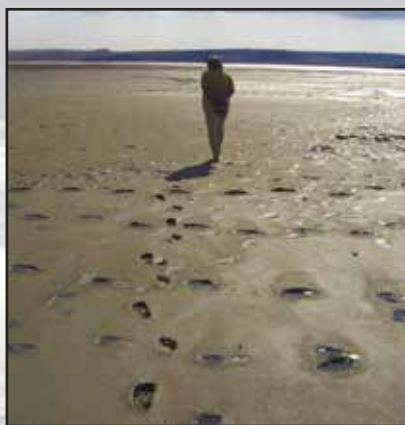
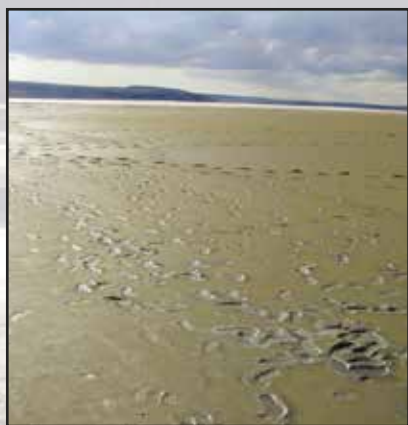
Д. Колесников

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?	
Правильно ли применены методы статистического анализа и интерпретированы их результаты?	
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

Озеро Тобечик, Крымский полуостров



Озеро Тобечик находится в Крыму на юго-востоке Керченского полуострова, в 12 км западнее от города Керчь. Это уникальный природный феномен юга России – озеро лиманного происхождения с действующими грязевыми вулканами. Когда-то здесь был морской залив, но уровень моря снизился, постепенно залив заилился. Во время Великой Отечественной войны поверхность Тобечикского озера использовалась в качестве гидроаэродрома. Построенный после войны с целью прокладки дороги перешеек превратил его в озеро. Длина – 9 км. Ширина средняя – 2 км, наибольшая – 4,5 км. Глубина средняя – 1 м, наибольшая – 1,2 м. Озерная котловина водоема – неправильной удлинённой формы, вытянутая с запада на восток с извилистой береговой линией. Вдоль всей береговой линии расположены отмели. Незначительные участки берега обрывистые, с берегами высотой 5 и 9 м (фотография вверху). Озеро может иметь вид пейзажа из фантастического фильма (фотографии внизу слева и справа). Удивительные и постоянно меняющиеся цветовые гаммы. Странная черная грязь под ногами (фотографии в центре) не должна удивлять – это проявление активности местного грязевого вулкана.



ISBN 2587-5728



9 772587 572003 >