



ТЕМА НОМЕРА:

**БИОЛОГИЧЕСКАЯ
БЕЗОПАСНОСТЬ И ЗАЩИТА
ОТ БИОЛОГИЧЕСКИХ УГРОЗ**

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

ВЕСТНИК ВОЙСК РХБ ЗАЩИТЫ

Том 1, № 3

2017

ISSN 2587-5728



9 772587 572003 >

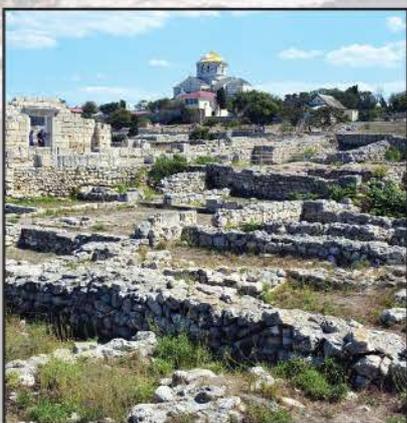
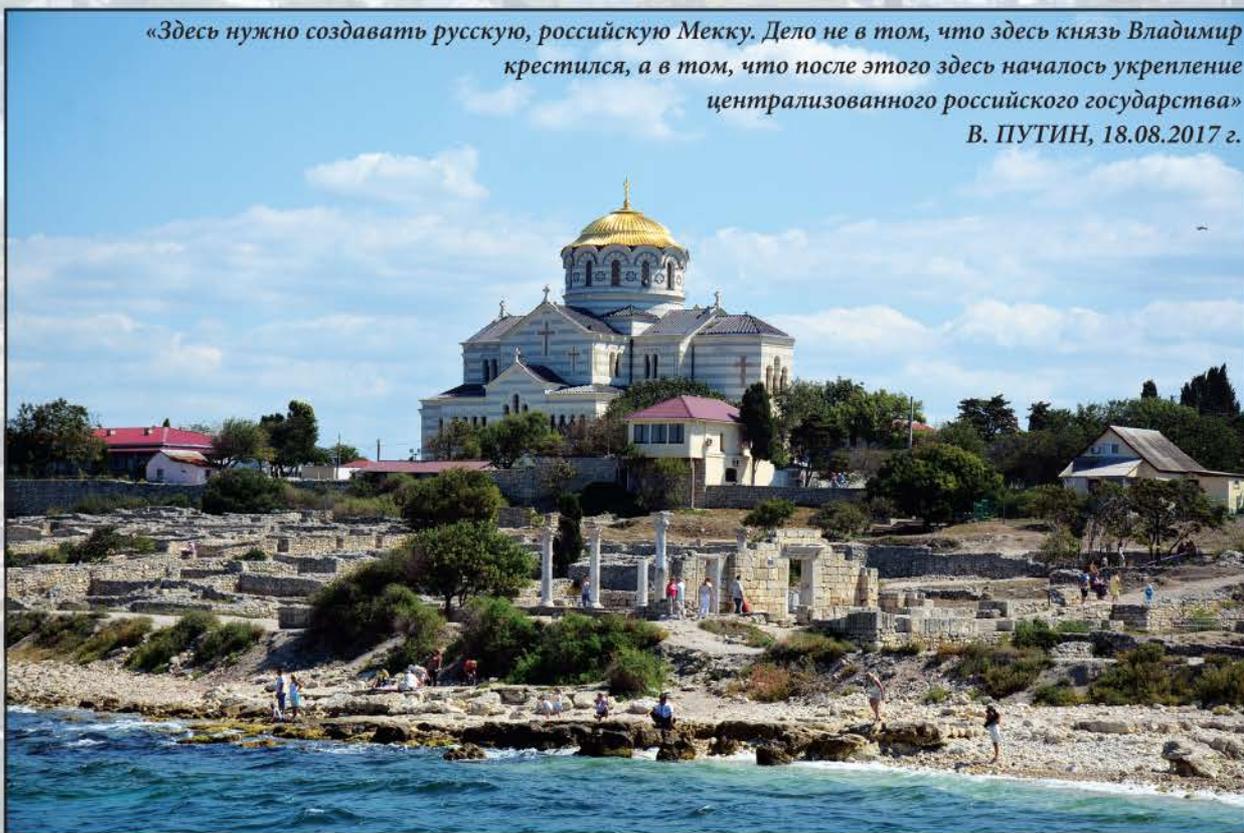
В НОМЕРЕ:

- Результаты мониторинга сибиреязвенных моровых полей эпизоотии 2016 года на территории Ямало-Ненецкого автономного округа
- Комплекс многофункциональный мобильный модульный для анализа патогенных биологических материалов (агентов)

Наша замечательная Россия

Херсонес Таврический

«Здесь нужно создавать русскую, российскую Мекку. Дело не в том, что здесь князь Владимир крестился, а в том, что после этого здесь началось укрепление централизованного российского государства»
В. ПУТИН, 18.08.2017 г.



Крупный политический, экономический и культурный центр, существовавший в Северном Причерноморье почти 2000 лет. Его история началась с греческого полиса, основанного в 421 г. до н. э. на юго-западе Крымского полуострова. Город представлял собой типичную эллинистическую крепость. Общая протяженность его стен — 2,9–3,5 км (протяженность стен Московского Кремля — 2,2 км), толщина стен до 4 м, высота достигала 8–10 м. Открыто 32 башни, их высота 10–12 м. С I в. до н. э. Херсонес находился в составе Понтийского царства, затем Римской империи (I в. н.э.). В V в. Херсонес вошел в состав Византийской империи и до XIII в. служил форпостом Византии в Крыму. В 897 г. в Корсуне (так русские называли Херсонес) князь киевский Владимир Святославович (960–1015) принял крещение «по закону греческому», что послужило началом введения в Древней Руси православного христианства как государственной религии. В 1399 г. татарский темник Едигей сжег город и он пришел в запустение. В настоящее время Херсонесское городище является историко-археологическим заповедником на территории Севастополя.

Фотографии М.В. Супотницкого

ВЕСТНИК ВОЙСК РХБ ЗАЩИТЫ

Рецензируемый научно-практический журнал

Том 1, № 3

2017 г.

**Учредитель и издатель**

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

Выходит ежеквартально

Главный редактор

Петров С.В.

Заместители главного редактора

Супотницкий М.В.
Колесников Д.П.
Васько А.М.

Ответственный секретарь

Шило Н.И.

Научный редактор

Лебединская Е.В.

Редакционная коллегия

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

Редакционный совет

Председатель – Кириллов И.А.

Заместители председателя:

Кикоть С.Г.
Ковтун В.А.

Члены редакционного совета:

Борисевич С.В.
Варламов Д.Д.
Гладких В.Д.
Капашин В.П.
Кондратьев В.Б.
Кухоткин С.В.
Манукянц И.А.
Стяжкин К.К.
Туманов А.С.
Тырышкин С.Н.
Холстов В.И.
Щербаков М.Г.

Дизайн, верстка: Тюленева Л.М.

СОДЕРЖАНИЕ

Кафедре общей тактики и оперативного искусства Военной академии радиационной, химической и биологической защиты 85 лет (1932–2017 гг.) 3

Проблемы соблюдения Конвенций о запрещении химического и биологического оружия

Оптимизация метода определения биомаркера иприта в плазме крови человека с использованием жидкостной хромато-масс-спектрометрии
А.В. Браун, И.В. Рыбальченко, В.Н. Фатеенков, М.А. Понсов,
Я.В. Ставитская, Д.В. Орешкин 7

Биологическая безопасность и защита от биологических угроз

Результаты мониторинга сибиреязвенных моровых полей эпизоотии 2016 года на территории Ямальского района Ямало-Ненецкого автономного округа
А.В. Савиных, Д.Л. Павлов, А.В. Кузнецовский, О.О. Фоменков,
А.С. Туманов, А.А. Суслопаров, А.С. Морозов 18

Совершенствование технологии производства вакцины чумной живой
Д.А. Шаров, А.А. Лещенко, С.В. Багин, С.В. Логвинов, А.В. Ежов, А.Г. Лазыкин,
Д.А. Мохов, В.В. Крупин, А.Р. Зиганшин 30

Вооружение и средства РХБ защиты

Комплекс многофункциональный мобильный модульный для анализа патогенных биологических материалов (агентов)
М.В. Супотницкий 38

Исторический архив

Влияние химического оружия на тактику и оперативное искусство Первой мировой войны (исторический очерк), часть 3
М.В. Супотницкий, С.В. Петров, В.А. Ковтун 51

Обзор важнейших международных событий в области РХБ безопасности 79**Хроника**

Памяти первого директора производства защитных препаратов
В.В. Кузнецов 86

Адрес редакции:

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

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

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

Свидетельство о регистрации средства массовой информации

ПИ № ФС 77-69472 от 25.04.2017 г.

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

Подписано в печать: 01.09.2017 г.

Тираж 500 экз.

Отпечатано в типографии: ООО «РПЦ Офорт», 105118, г. Москва,

проспект Буденного, д. 21А.

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

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

Все статьи проходят рецензирование не менее чем двумя рецензентами. Используются модели двойного слепого рецензирования либо открытого рецензирования (по выбору авторов). Плата за публикацию статьи и рецензирование рукописей не взимается, ускоренная публикация не допускается. Труды заочных конференций не публикуются.

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.

JOURNAL

OF NBC PROTECTION CORPS

Peer Reviewed Scientific and Practical Journal

Vol. 1 No 3

2017

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

Quarterly Edition

Editor-in-Chief

Petrov S.V.

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

Shilo N.I.

Science Editor

Lebedinskaya E.V.

Editorial BoardAmosov M.Yu.
Antipov V.B.
Atlanov V.P.
Bakin A.N.
Boyko A.Yu.
Vorobyov K.A.
Golipad A.N.
Gludin V.M.
Darmov I.V.
Zavyalova N.V.
Kamyanov S.S.
Klimenko V.V.
Korshunov A.V.
Kutaev D.A.
Lapshinov O.V.
Maleev V.N.
Mankovskiy G.I.
Predtechenskiy A.B.
Rodionov A.A.
Rybalchenko I.V.
Khursa V.I.
Shabelnikov M.P.**Editorial Council**Chairman – Kirillov I.A.
Vice-Chairmen:
Kikot S.G.
Kovtun V.A.
Members:
Borisevich S.V.
Varlamov D.D.
Gladkikh V.D.
Kapashin V.P.
Kondratyev V.B.
Kukhotkin S.V.
Manukyants I.A.
Styazhkin K.K.
Tumanov A.S.
Tyryshkin S.N.
Kholstov V.I.
Shcherbakov M.G.**Contents**NBC Defence Academy's General Tactics and Operational Art Department 85 Years
Anniversary (1932-2017) 3**The Problems of Adherence to the Chemical and Biological Weapons Conventions**Optimization of a Method for the Determination of a Mustard Gas Biomarker
in Human Blood Plasma by Liquid Chromatography–Mass Spectrometry
A.V. Braun, I.V. Rybalchenko, V.N. Fateenkov, M.A. Ponsov,
Y.V. Stavitskay, D.V. Oreshkin 7**Biological Security and Protection against Biological Threats**The Results of Monitoring of Death Places of Animals, Died from Anthrax during the
Epizootic 2016 in Yamal-Nenets Autonomous District
A.V. Savinykh, D.L. Pavlov, A.V. Kuznetsovskiy, O.O. Fomenkov,
A.S. Tumanov, A.A. Susloparov, A.S. Morozov 18The Improvement of Live Plaque Vaccine Production
D.A. Sharov, A.A. Leshchenko, C.V. Bagin, S.V. Logvinov, A.V. Ezhov,
A.G. Lazykin, D.A. Mokhov, V.V. Krupin, A.R. Ziganshin 30**Weapons and Means of NBC Protection**Multifunctional Mobile Module Complex for Analysis of Pathogenic
Biological Materials (Agents)
M.V. Supotnitskiy 38**Historical Archives**The Influence of Chemical Weapons on Tactics and Operational Art in World War 1
(Essays in the History of Chemical Weapons), Part 3
M.V. Supotnitskiy, S.V. Petrov, V.A. Kovtun 51**Current Event Digest: NBC Security** 79**Cronicle**In Memoriam: The First Director of the Production of the Drugs and Agents
V.V. Kuznetsov 86**Address of the Editorial Office**Federal State Budgetary Establishment «27 Scientific Centre» of the Ministry of Defence of
the Russian Federation, Brigadirskii Lane 13, Moscow 105005, Russian Federation.
Tel.: 8(499) 265-42-90, e-mail: 27nc_1@mil.ru.Publication is registered by the Federal Service for Supervision in the Sphere of Telecom,
Information Technologies and Mass Communications. Certification of the Mass Media
ПИ № ФС 77-69472, April 25, 2017.

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

The publication data for the journal is September 1, 2017.

Circulation: 500 copies.

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

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

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

КАФЕДРЕ ОБЩЕЙ ТАКТИКИ И ОПЕРАТИВНОГО ИСКУССТВА ВОЕННОЙ АКАДЕМИИ РАДИАЦИОННОЙ, ХИМИЧЕСКОЙ И БИОЛОГИЧЕСКОЙ ЗАЩИТЫ 85 ЛЕТ (1932–2017 гг.)

Уважаемые товарищи!

Поздравляю коллектив кафедры общей тактики и оперативного искусства со знаменательным юбилеем – 85-летием со дня образования!

За 85 лет пройден большой путь от группы дисциплин оперативно-тактического цикла до основного учебно-научного подразделения многоуровневого, многопрофильного военно-учебного заведения – Военной академии радиационной, химической и биологической защиты имени Маршала Советского Союза С.К. Тимошенко.

За эти годы кафедра подготовила целую плеяду высококлассных офицеров, внесших достойный вклад в укрепление обороноспособности государства, строительство и развитие Вооруженных Сил, войск РХБ защиты и отечественной науки.

Коллектив кафедры – это, прежде всего, высококвалифицированные специалисты, патриоты России. Ваши представители героически сражались в годы Великой Отечественной войны, с честью выполняли свой долг в Афганистане и в ходе контртеррористических операций по наведению конституционного порядка на Северном Кавказе.

И сегодня с полной уверенностью можно говорить о том, что основным итогом, с которым кафедра пришла к своему юбилею, стало создание соответствующего современным стандартам самостоятельного передового структурного подразделения высшего военно-учебного заведения, обеспечивающего выполнение требований Президента Российской Федерации по повышению качества подготовки офицерских кадров и наращиванию научного потенциала в Вооруженных Силах Российской Федерации.

От всего сердца выражаю искреннюю благодарность и признательность ветеранам кафедры, всему профессорско-преподавательскому составу и инженерно-техническому персоналу, чьи усилия позволили кафедре общей тактики и оперативного искусства стать флагманом в подготовке офицерских кадров.

Желаю вам, дорогие товарищи, вашим родным и близким, всем тем, кто причастен к судьбе кафедры, доброго здоровья, благополучия, дальнейших успехов в военной службе и труде, творческих удач и научных достижений в подготовке высокопрофессиональных специалистов, надежных защитников Отечества!

***Начальник войск радиационной, химической и биологической защиты
Вооруженных Сил Российской Федерации
генерал-майор***

И.А. Кириллов



Дорогие ветераны, уважаемые коллеги, друзья, товарищи!

Сердечно поздравляю руководство, ветеранов, профессорско-преподавательский и инженерно-технический состав кафедры общей тактики и оперативного искусства со знаменательным юбилеем – 85-летием со дня образования!

Пройдя путь от группы дисциплин, изучающих тактику и оперативное искусство Военно-химической академии РККА, до основного учебно-научного подразделения многоуровневого, многопрофильного военно-учебного заведения с современной наукоёмкой учебно-материальной базой и наилучшими условиями для работы профессорско-преподавательского состава, подготовки (переподготовки, повышения квалификации) офицеров и курсантов Военной академии радиационной, химической и биологической защиты имени Маршала Советского Союза С.К. Тимошенко, кафедра добилась высоких результатов в совершенствовании учебно-воспитательного процесса и улучшении качества подготовки выпускников.

В период проведения государственной военной реформы коллектив вашей кафедры плодотворно работает с целью получения Вооружёнными Силами Российской Федерации достойного пополнения отлично подготовленных в профессиональном отношении офицеров – специалистов войск радиационной, химической и биологической защиты.

В боях за свободу и независимость Отечества выпускники вашей кафедры показали высокое профессиональное мастерство, мужество и отвагу. В наши дни они образцово выполняют свой воинский долг в различных регионах Российской Федерации и за ее пределами.

В день 85-й годовщины со дня образования желаю всему личному составу кафедры общей тактики и оперативного искусства успехов в вашем благородном труде по обучению и воспитанию курсантов и офицеров войск РХБ защиты.

Выражаю уверенность в том, что руководство, профессорско-преподавательский и инженерно-технический состав и впредь будет прилагать максимум усилий для сохранения и приумножения славных традиций вашей кафедры во благо защиты нашего Отечества, повышения боеспособности и развития войск радиационной, химической и биологической защиты.



***Президент Союза ветеранов войск РХБЗ
генерал-майор***

Е.Г. Старков

Уважаемые товарищи!

Сердечно поздравляю руководство, профессорско-преподавательский и инженерно-технический состав кафедры общей тактики и оперативного искусства со знаменательной датой – 85-летием со дня ее основания.

История кафедры уходит в далекие предвоенные годы, когда, согласно постановлению Совета труда и обороны, Реввоенсоветом СССР был издан приказ от 13 мая 1932 года № 39 о формировании и комплектации Военно-химической академии.

За многолетнюю историю у кафедры неоднократно менялись наименования и организационные формы, но оставалось постоянным главное – стремление подготовить высококвалифицированных, беззаветно преданных Отечеству офицеров для войск РХБ защиты. В самых сложных условиях кафедра была верна, прежде всего, военной науке, гуманистическим ценностям, традициям русского воинства, заветам выдающихся военачальников и педагогов.

Кафедра общей тактики и оперативного искусства – одно из динамично развивающихся структурных подразделений ВА РХБЗ, на кафедре создана современная учебно-материальная база, постоянно ведется поиск новых обучающих технологий, крепнут и развиваются связи с ведущими профильными вузами и научными организациями страны, постоянно изучается, анализируется и внедряется в учебный процесс опыт войск.

Стремление к познанию нового, профессионализм и трудолюбие профессорско-преподавательского и инженерно-технического состава позволили создать на кафедре условия и атмосферу для гармоничного развития личности, творческой самореализации.

Коллектив вашей кафедры неоднократно добивался побед или становился призером различных олимпиад и первенств, завоевывал премии на конкурсах научных работ, получал гранты на развитие инновационных технологий в образовательном процессе.

Эти победы на практике демонстрируют высокий потенциал, обеспечивающий возможности творческой самореализации преподавателей и сотрудников.

Выпускники, ученые и преподаватели кафедры принимали активное участие во всех войнах в защиту Отечества: Великая Отечественная война, война в Афганистане, контртеррористическая операция в Чеченской Республике – вот далеко не полный перечень событий, где ярко был продемонстрирован их профессионализм, мужество и самоотверженность.

В этот знаменательный день желаю коллективу кафедры крепкого здоровья, счастья и благополучия, новых успехов в деле подготовки высококвалифицированных офицерских кадров, совершенствования учебной и педагогической деятельности, новых научных достижений на благо Родины.



Начальник

**Военной академии радиационной, химической и биологической защиты
имени Маршала Советского Союза С.К. Тимошенко
генерал-майор**

И.М. Емельянов

Уважаемые товарищи, коллеги!



Горячо и сердечно поздравляю вас со знаменательным событием – 85-летием со дня образования кафедры общей тактики и оперативного искусства Военной академии радиационной, химической и биологической защиты имени Маршала Советского Союза С.К. Тимошенко.

Коллектив кафедры, как и весь наш народ, свято чтит боевые традиции старших поколений. Мы гордимся ветеранами кафедры, которые в суровые годы Великой Отечественной войны отстояли свободу и независимость Родины. Тысячи километров фронтовых дорог прошли они, проявляя мужество и героизм в боях с немецко-фашистскими захватчиками.

Сегодня мы равняемся на тех, кто в суровых условиях послевоенного времени самоотверженно трудился, готовя офицерские кадры для химических войск. Для коллектива нашей кафедры это годы жизни, годы созидания и беззаветного служения Отечеству. Изменялись образцы вооружения, изменялась структура войск и организационно-штатная структура академии, но неизменной оставалась готовность к качественному выполнению стоящих перед личным составом кафедры задач. Со дня основания до сегодняшних дней коллектив кафедры демонстрирует свои лучшие качества: высочайший профессионализм, выдержку и стойкость,

любовь к Родине, постоянную готовность к выполнению учебных и боевых задач в любых условиях обстановки.

Выражаю вам слова благодарности за присутствие духа, понимание стоящих задач, честное и добросовестное выполнение воинского долга, своих функциональных обязанностей, поддержание боевой и мобилизационной готовности.

Дорогие друзья! Нет почетней обязанности, чем служить своему Отечеству, народу, защищать то, что им создано, твердо следовать завещанным нашими предками славным боевым традициям.

Я уверен в том, что вы и впредь будете с честью выполнять свой долг, приложите все свои силы, знания, опыт и энергию для подготовки высококвалифицированных офицерских кадров для войск радиационной, химической и биологической защиты.

Желаю всем добра и счастья, уверенности в завтрашнем дне, здоровья и новых достижений во имя процветания Отчизны, во имя развития нашей кафедры и академии.

***Начальник кафедры общей тактики и оперативного искусства
Военной академии радиационной, химической и биологической защиты
имени Маршала Советского Союза С.К. Тимошенко
полковник***

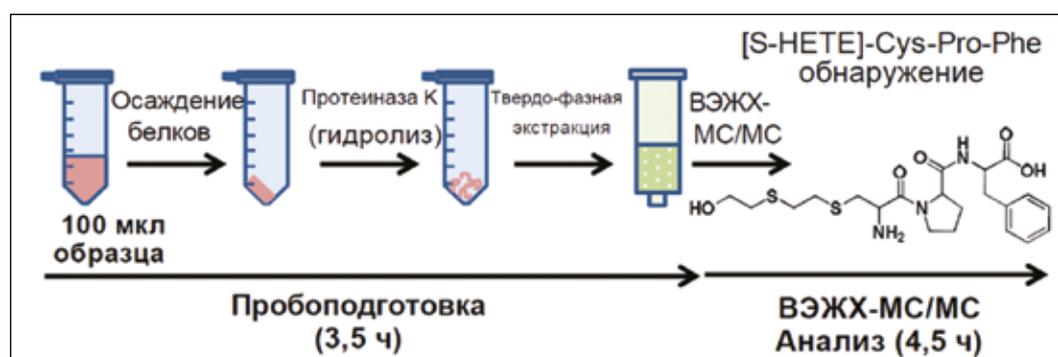
В.А. Иноземцев

Оптимизация метода определения биомаркера иприта в плазме крови человека с использованием жидкостной хромато-масс-спектрометрии

А.В. Браун, И.В. Рыбальченко, В.Н. Фатеенков, М.А. Понсов,
Я.В. Ставитская, Д.В. Орешкин

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

Поступила 26.12.2016 г. Принята к публикации 04.04.2017 г.



С использованием высокоэффективной жидкостной хроматографии (ВЭЖХ) с тандемным масс-спектрометрическим детектированием (МС/МС) оптимизирован метод определения в плазме крови биомаркера иприта – S-гидроксиэтилтиоэтилового аддукта с альбумином, основанный на его гидролизе ферментом протеиназой К с образованием устойчивого трипептида с цистеином, пролином и фенилаланином: S-HETE-Cys-Pro-Phe. Предел обнаружения иприта в плазме крови человека составил 2 нг/мл. Предложенный подход опробован при анализе образцов плазмы крови человека методом «введено-найденно», а также в рамках Первого официального биомедицинского теста, проведенного в 2016 г. международной Организацией по запрещению химического оружия (ОЗХО), он показал хорошую точность, воспроизводимость и специфичность определения.

Ключевые слова: масс-спектрометрия; высокоэффективная жидкостная хроматография; плазма крови человека; альбуминовый аддукт иприта.

Библиографическое описание: Браун А.В., Рыбальченко И.В., Фатеенков В.Н., Понсов М.А., Ставитская Я.В., Орешкин Д.В. Оптимизация метода определения биомаркера иприта в плазме крови человека с использованием жидкостной хромато-масс-спектрометрии // Вестник войск РХБ защиты. 2017. Т. 1. № 3. С. 7–17.

Иприт [бис(2-хлорэтил)сульфид] представляет собой отравляющее вещество кожно-нарывного действия, впервые примененное германской армией на Западном фронте

в июле 1917 г. Иприт внесен в Список 1 Конвенции о запрещении химического оружия [1]. Несмотря на то, что массированное применение иприта в боевых действиях относится

к временам Первой мировой войны, вопросы защиты от его воздействия, в частности, диагностики отравлений остаются весьма актуальными. Известно, что большие запасы этого вещества были захоронены и затоплены в разных частях мира в послевоенные годы, что не исключает возможности поражения людей и животных при случайных контактах с ним. В последние годы имели место доказанные случаи применения иприта в локальных военных конфликтах и в террористических актах на Ближнем Востоке [2].

Исследованиями, проведенными по инициативе Организации по запрещению химического оружия (ОЗХО), показано, что важнейшим инструментом при расследовании фактов возможного применения химического оружия является отложенный по времени (ретроспективный) лабораторный анализ биомедицинских проб, отобранных у людей и животных в местах вероятного применения химического оружия. С учетом этого обстоятельства многочисленные работы последних лет посвящены способам выявления характерных признаков экспозиции ипритом по результатам анализа биологических сред.

Попадая в живой организм, иприт проявляет свойства алкилирующего агента, быстро взаимодействуя с нуклеофилами, такими как ДНК, РНК, вода, жиры, пептиды и белки, через промежуточную стадию образования эписульффониевого иона [3, 4]. Ранее факт попадания иприта в организм в основном определяли, исследуя такие биомаркеры, как его аддукты с ДНК и низкомолекулярные метаболиты, присутствующие в моче [5–8], используя иммуноферментный анализ или масс-спектрометрию [8, 9]. Однако указанные биомаркеры быстро выводятся из живого организма и присутствуют в нем не более двух недель с момента интоксикации, ограничивая таким образом возможность долгосрочных исследований фактов поражения ипритом (ретроспективность анализа) [10].

В случаях, когда мочевые метаболиты иприта не могут быть обнаружены спустя несколько недель с момента интоксикации организма ипритом, предпочтительным способом подтверждения факта поражения ипритом является исследование аддуктов с белками крови. Известно, что аддукты иприта с гемоглобином присутствуют в крови живого организма вплоть до 120 суток [11]. Однако аддукты с гемоглобином обычно не используются в качестве биомаркеров из-за их недостаточной стабильности [8].

Попадая в организм, иприт также образует аддукты с аминокислотами. В результате взаимодействия с Цис-34 остатком образу-

ется характерный аддукт, определяемый в моче методом ВЭЖХ/МС [9], однако ввиду относительно короткого периода полувыведения из организма (20–25 суток) использование его для долгосрочных исследований затруднительно.

Наряду с этим, иприт, связываясь с реакционноспособным остатком цистеина, образует в крови стабильный аддукт S-гидроксиэтилтиоэтила с альбумином сыворотки крови человека (ЧСА). При ферментативном гидролизе ЧСА возможно выделение характерного трипептида S-гидроксиэтилтиоэтила с цистеином, пролином и фенилаланином (рисунок 1), который определяют методом ВЭЖХ путем масс-спектрометрического детектирования. Данный аддукт, ввиду его стабильности, признан наиболее предпочтительным при расследовании фактов возможного применения иприта для поражения людей [12, 13].

В доступной литературе описаны несколько подходов для разделения и определения исследуемого трипептида S-гидроксиэтилтиоэтила с цистеином, пролином и фенилаланином (S-НЕТЕ-Cys-Pro-Phe) методом жидкостной хромато-масс-спектрометрии [12, 13]. В работе [13] описан упрощенный способ определения альбуминового аддукта иприта в плазме крови человека методом ВЭЖХ-МС/МС низкого разрешения. В качестве фермента для гидролиза альбуминового аддукта иприта использовали протеиназу К, объем плазмы крови для исследования составлял 50 мкл. Предел обнаружения альбуминового аддукта иприта данным методом составил 1,74 нг/мл. Однако достижение более низких пределов обнаружения остается актуальным, поскольку именно этот показатель определяет степень ретроспективности анализа.

Цель данной работы состояла в оптимизации процедуры подготовки экспонированной ипритом плазмы крови человека, условий ВЭЖХ анализа, а также в исследовании масс-спектральных характеристик S-НЕТЕ-Cys-Pro-Phe в варианте тандемной масс-спектрометрии в интересах повышения чувствительности и селективности определения биомаркера иприта при ретроспективном мониторинге образцов крови человека для выявления фактов поражения ипритом.

Материалы и методы

Растворы и реагенты. В работе использовали раствор иприта (ГСО 8248-2003, интервал и границы допускаемой погрешности аттестованного значения содержания основного

компонента (91,0–97,0) % (масс.) в изопропанол (10 мг/мл), муравьиную кислоту (х.ч., «Химмед», Россия), ацетон (ч.д.а., «Химмед», Россия), ацетонитрил (конц., «Panreac», Испания), метанол («Sigma-Aldrich», кат. № 34860), бикарбонат аммония (фирмы «Sigma-Aldrich», кат. № 09830), протеиназу К («QIAGEN», партия № 148036747), протеиназу К («Applichem Panreac», партия № 5K010307), протеиназу К («СибЭнзим», партия № 4), проназу («Sigma-Aldrich», партия № SLBL9004V), картриджи для твердофазной экстракции «HLB «Oasis» 30 mg/1 ml» (фирма «Waters», кат. № WAT094225), деионизованную воду (после очистки системой Milli-Q («Millipore», США)). Аддукт S-NETE-Cys-Pro-Phe с массовой долей основного вещества не менее 98 % (методом ЯМР-спектроскопии) синтезировали по методике [14].

Рабочие буферные растворы и другие необходимые растворы готовили растворением точных навесок в соответствующих растворителях в день проведения анализа.

Образцы плазмы крови. В работе использовали образцы донорской плазмы человеческой крови (предоставлены Главным военным клиническим госпиталем имени Н.Н. Бурденко, партия № 111045) с внесением раствора иприта в изопропанол с итоговой концентрацией в плазме 100 нг/мл. После внесения иприта образцы инкубировали в течение 6 ч при температуре 37 °С. Перед анализом образцы хранили при температуре минус 20 °С.

Оборудование. Использовали аналитическую станцию, состоящую из жидкостного хроматографа Agilent Infinity 1260 («Agilent», США), оборудованного системой автоматического ввода пробы, с масс-селективным tandemным анализатором Agilent 6420 («Agilent», США), оснащенную источником ионов с электрораспылительной ионизацией. Выделение S-NETE-Cys-Pro-Phe проводили на колонке Acquity UPLC BEH C18 (100×2,1 мм), диаметр зерна сорбента – 1,7 мкм («Waters», США). Экспериментальные данные регистрировали и обрабатывали с помощью программных пакетов «MassHunter» (США).

Определение маркера применения иприта

Пробоподготовка.

100 мкл плазмы вносили в пробирку эппендорф на 1,5 мл, добавляли 300 мкл ацетона для осаждения белка, перемешивали в течение 30 с при 5000 g. Далее центрифугировали при 3000 g в течение 5 мин, затем удаляли надосадочную жидкость и оставшийся белок высушивали на открытом воздухе. К белку добавляли 50 мкл 0,1 % раствора муравьиной кислоты в воде и гомогенизировали раствор путем интенсивного перемешивания. Далее добав-

ляли 400 мкл раствора бикарбоната аммония (50 мМ, рН 7,8) и 200 мкл раствора фермента концентрацией 10 мг/мл в среде бикарбоната аммония (50 мМ, рН 7,8), смесь интенсивно перемешивали. Полученный раствор ставили на ферментативный гидролиз на 90 мин при температуре 500 °С в термостате, закрепленном на шейкере для интенсивного перемешивания. Кондиционировали картридж «HLB «Oasis» 30 mg/1 ml» пропусканием 1 мл метанола и 1 мл воды под вакуумом. Далее пропускали через картридж анализируемый раствор, после чего промывали картридж 1 мл 20 % раствора метанола в воде, а затем элюировали аналит пропусканием 500 мкл ацетонитрила. Элюат сушили в токе азота досуха, перерастворяли в 50 мкл 0,1 % раствора муравьиной кислоты в воде и переносили во вставку в виале 2,0 мл для последующего ВЭЖХ-МС/МС анализа.

Условия хромато-масс-спектрометрического определения. Определение проводили с использованием источника ионов с ионизацией электрораспылением в режиме регистрации выбранных ионных реакций положительных ионов m/z 470 → m/z 105 при определении S-NETE-Cys-Pro-Phe. В качестве выбранных ионных переходов, которые использовали для надежного обнаружения аддукта S-NETE-Cys-Pro-Phe, использовали m/z 470 → m/z 137.

Температура переходного капилляра составляла 300 °С, напряжение на распыляющем капилляре 3500 В, давление газа для распыления подвижной фазы в источнике ионов 420 кПа. Разделение пробы проводили в режиме градиентного элюирования, скорость потока составляла 0,35 мл/мин. Температура термостата колонки составляла 70 °С. Подвижная фаза А – 0,1 % (об.) HCOOH в воде, подвижная фаза В – 0,1 % (об.) HCOOH в ацетонитриле. Программа градиентного элюирования: 0–2 мин: 95 % А; 2–10 мин: 5–100 % В; 10–11 мин: 100 % В; 11–23 мин: 95 % А. Объем вводимой пробы составлял 0,05 мл.

Результаты и обсуждение

Выбор условий масс-спектрометрического детектирования

В ходе исследования использовали электрораспылительную ионизацию в режиме регистрации положительных ионов, поскольку аддукт S-NETE-Cys-Pro-Phe в своем составе имеет аминокислотные группы, которые отвечают за образование протонированных положительно заряженных молекул в ходе ионизации (рисунок 1).

Оптимизацию условий масс-спектрометрического детектирования с варьирова-

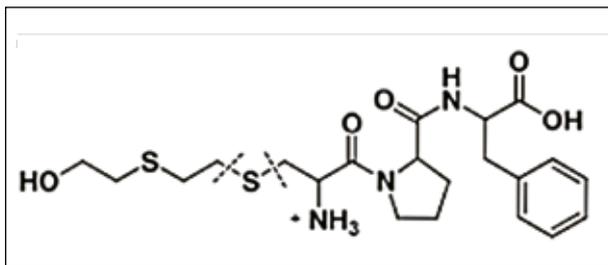


Рисунок 1 — Структурная формула трипептида *S*-гидроксиэтилтиоэтила с цистеином, пролином и фенилаланином (в протонированной форме)[10]

нием напряжения на распыляющем капилляре проводили в режиме прямого ввода, непосредственно вводя раствор стандарта исследуемого соединения с концентрацией 100 нг/мл в источник ионов, минуя хроматографическую колонку.

На первом этапе работы исследовали влияние напряжения источника ионизации на величину сигнала протонированного молекулярного иона аддукта S-НЕТЕ-Cys-Pro-Phe ($m/z = 470$). Для этого использовали параметры работы масс-спектрометрического детектора, рекомендуемые производителем и прописанные в файле автоматической настройки системы – автотюнинга. Напряжение источника ионизации варьировали в диапазоне 2500–4500 В. Установлено, что при увеличении напряжения источника ионизации с 3500 до 4500 В происходит увеличение интенсивности сигнала на 20–30 %, однако при этом величина шума увеличива-

ется на 50 %, поэтому на следующих этапах оптимизации условий масс-спектрометрического детектирования использовали напряжение источника ионизации 3500 В.

На следующем этапе проводили выбор оптимальных пар ионных реакций при определении исследуемого соединения. Поскольку в масс-спектре аддукту S-НЕТЕ-Cys-Pro-Phe соответствует интенсивный сигнал протонированного молекулярного иона, исследовали его фрагментацию. На рисунке 2 представлен масс-спектр фрагментации протонированного молекулярного иона S-НЕТЕ-Cys-Pro-Phe.

Как следует из анализа брутто-формул, фрагмент с $m/z = 263$ не содержит в своей структуре серу, относящуюся к тиодигликолиевому остатку (маркер, доказывающий присутствие иприта в пробе плазмы крови), поэтому в дальнейшем для достоверного определения факта интоксикации ипритом использовали только две ионные реакции: $m/z 470 \rightarrow m/z 105$ (для количественного анализа) и $m/z 470 \rightarrow m/z 137$ (для достоверного подтверждения). После выбора характерных пар фрагментных ионов исследовали влияние энергии фрагментаций на величину аналитического сигнала этих ионов. В итоге, при энергии фрагментации, равной 30 В, удалось достичь максимальной интенсивности сигналов выбранных ионных реакций.

Выбор условий хроматографического разделения

В методе ВЭЖХ-МС/МС назначение хроматографической системы и требо-

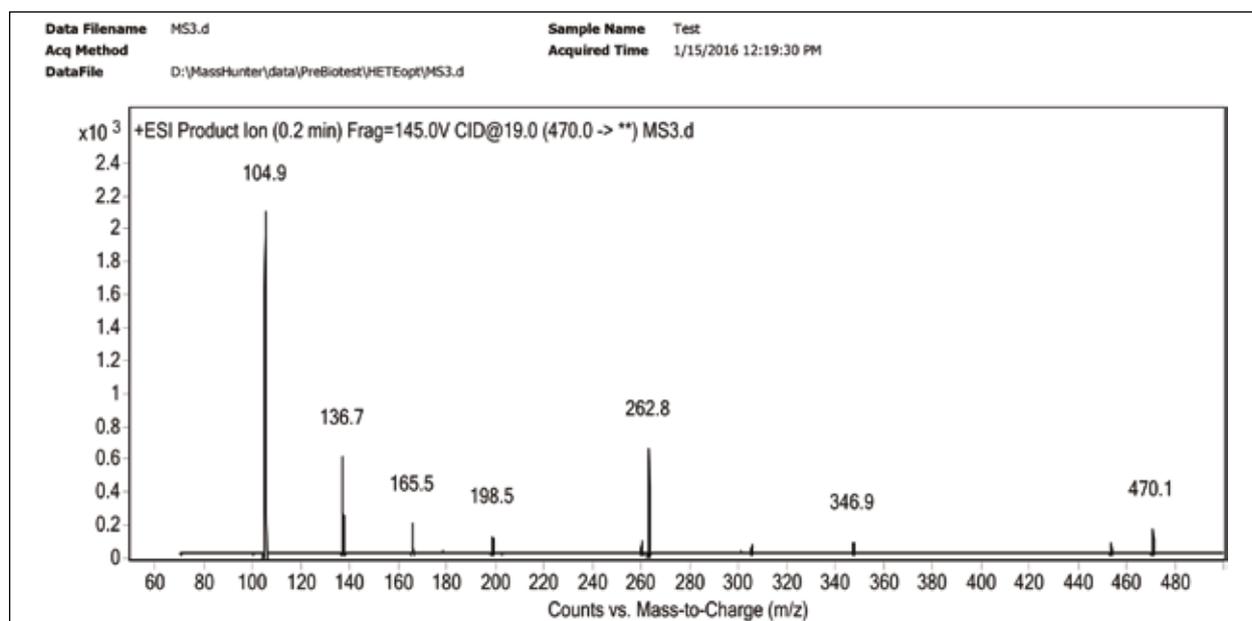


Рисунок 2 — Масс-спектр фрагментации протонированного молекулярного иона *S*-НЕТЕ-Cys-Pro-Phe с $m/z = 470$. Режим регистрации положительно заряженных ионов

вания, предъявляемые к ней, несколько отличаются от таковых в традиционных вариантах ВЭЖХ. В отличие от традиционных универсальных детекторов, характеризующихся низкой селективностью, tandemный масс-спектрометр позволяет регистрировать строго специфический параметр каждого определяемого соединения – набор отношений m/z образующихся ионов. При работе в режиме выбранных ионных реакций для большинства соединений не возникает необходимости полного хроматографического разделения компонентов смеси, поскольку набор выбранных ионных реакций для каждого соединения специфичен и влияние сигнала от посторонних компонентов на сигнал аналита в этом случае ничтожно мало. Также необходимо учитывать, что для подвижной фазы в варианте ВЭЖХ-МС можно применять только летучие компоненты.

В качестве неподвижной фазы при определении аддукта S-NETE-Cys-Pro-Phe в пробах плазмы крови человека использовали колонку с обращенно-фазовым сорбентом Acquity UPLC BEH C18 длиной 100 мм, внутренним диаметром 2,1 мм, размером зерна сорбента 1,7 мкм, фирмы «Waters».

Аддукт S-NETE-Cys-Pro-Phe обладает кислотными свойствами, поэтому для увеличения доли незаряженных частиц аддукта S-NETE-Cys-Pro-Phe и уменьшения размытия хроматографических пиков использовали подвижную фазу, состоящую из 0,1 % раствора муравьиной кислоты в ацетонитриле (B) и 0,1 % раствора муравьиной кислоты в воде (A). Поскольку использовался режим регистрации положительно заряженных ионов, присутствие муравьиной кислоты в подвижной фазе способствовало увеличению доли положительно заряженных ионов в камере ионизации за счет протонирования аминокрупп S-NETE-Cys-Pro-Phe.

При хроматографическом разделении S-NETE-Cys-Pro-Phe использовали специально разработанную программу градиентного элюирования (см. выше), в условиях которой коэффициент емкости и эффективность хроматографической колонки (ТТ/м) составили 7,4 и 61000 соответственно, и явились приемлемыми для данного анализа (время удерживания S-NETE-Cys-Pro-Phe составило $5,9 \pm 0,2$ мин; при расчетах использовали значение «мертвого времени», равное 0,7 мин).

В качестве критериев установления присутствия аддукта S-NETE-Cys-Pro-Phe в пробах плазмы крови человека использовали время удерживания и совпадение двух пар выбранных ионных реакций.

Оптимизация процедуры пробоподготовки

На следующем этапе проводили оптимизацию процедуры пробоподготовки образцов плазмы крови человека, искусственно зараженной ипритом, с целью максимального извлечения биомаркера иприта S-NETE-Cys-Pro-Phe с использованием процедуры гидролиза ЧСА с помощью протеолитических ферментов. При оптимизации процедуры пробоподготовки варьировали два основных параметра, влияющие на величину аналитического сигнала S-NETE-Cys-Pro-Phe – объем аликвоты плазмы крови (влияет на коэффициент концентрирования пробы) и тип фермента для гидролиза альбуминового аддукта иприта (влияет на глубину протекания реакции гидролиза). Для этих целей использовали образец плазмы крови человека, искусственно зараженной 100 нг/мл иприта (для связывания иприта с альбумином пробу предварительно инкубировали при температуре 37 °С в течение 6 ч).

Первоначально исследовали влияние объема аликвоты плазмы крови при проведении процедуры выделения биомаркера альбуминового аддукта иприта. Варьировали объем аликвоты в диапазоне 50–200 мкл, при этом на последнем этапе во всех случаях проводили перерастворение образца в 50 мкл 0,1 % раствора муравьиной кислоты в воде. Меняя объем аликвоты плазмы,кратно увеличивали объем фермента для проведения гидролиза (при 50 мкл использовали 100 мкл фермента, при 100 мкл – 200 мкл и т.д.). Оказалось, что при отборе аликвоты плазмы более 100 мкл не удается полностью растворить осадок после упаривания ацетонитрила в 50 мкл 0,1 % раствора муравьиной кислоты, в то же время переход от объема аликвоты в 50 мкл к объему в 100 мкл приводит к двукратному увеличению площади пика S-NETE-Cys-Pro-Phe на хроматограмме, что и обусловило выбор объема плазмы крови 100 мкл в качестве оптимального.

Было установлено, что на результаты анализа существенно влияют не только тип и активность фермента, но и источник его происхождения, а также способ выделения, которые разнятся для препаратов различных фирм-производителей. Для оценки этого влияния готовили растворы 10 мг/мл в растворе бикарбоната аммония (рН 7,8) следующих ферментных препаратов:

- Протеиназа К («QIAGEN», Голландия);
- Протеиназа К («Applichem Panreac», Испания);
- Протеиназа К («СибЭнзим», Россия);
- Проназа («Sigma-Aldrich», США).

При сравнении эффективности действия фермента рассчитывали отношение

Таблица 1 — Значения степени извлечения аддукта S-HETE-Cys-Pro-Phe из пробы плазмы крови человека, искусственно загрязненной 100 нг/мл иприта при использовании различных типов ферментов ($P=0,95$, $n=3$)

Фермент	Степень извлечения S-HETE-Cys-Pro-Phe, %
Протеиназа К («QIAGEN»)	62±9
Протеиназа К («Applichem Panreas»)	42±8
Протеиназа К («СибЭнзим»)	30±9
Проназа («Sigma Aldrich»)	Не обнаружено

площади пика биомаркера альбуминового аддукта S-HETE-Cys-Pro-Phe после процедуры пробоподготовки проб плазмы крови к площади пика теоретически рассчитанной концентрации S-HETE-Cys-Pro-Phe, соответствующей заданной концентрации иприта, внесенной в бланковую (не экспонированную ипритом) пробу плазмы крови (данная величина в таблице 1 представлена как степень извлечения S-HETE-Cys-Pro-Phe).

Из представленных в таблице 1 данных следует, что в случае использования фермента Проназа («Sigma-Aldrich») на хроматограмме пробы не наблюдали сигнала от аддукта S-HETE-Cys-Pro-Phe, что, по-видимому, связано с низкой активностью данного фермента при гидролизе альбуминового аддукта иприта. Максимальная степень извлечения S-HETE-Cys-Pro-Phe из плазмы крови была достигнута при использовании фермента Протеиназа К («QIAGEN»), который в дальнейшем и использовали при проведении

пробоподготовки образцов плазмы человеческой крови, экспонированных ипритом.

На рисунке 3 представлена хроматограмма образца плазмы человеческой крови с внесением 100 нг/мл иприта, полученная после проведения описанной выше процедуры пробоподготовки, также представлена хроматограмма бланкового образца плазмы, не содержащей иприта.

На хроматограммах приведены величины аналитического сигнала по каждому из соответствующих выбранных ионных переходов (верхняя хроматограмма – для выбранного ионного перехода для количественного анализа, нижняя хроматограмма – для подтверждения). Как видно из представленных данных, использование тандемного масс-спектрометра приводит к отсутствию мешающего влияния матрицы на аналитический сигнал целевого аналита, что, наряду с повышением чувствительности, обуславливает и высокую специфичность определения.

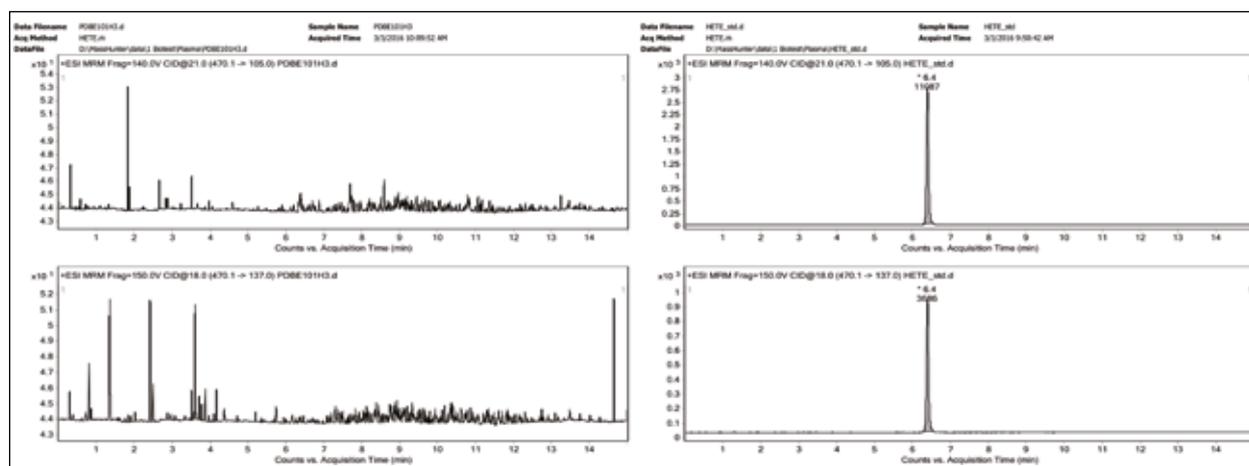


Рисунок 3 — Хроматограммы бланковой пробы плазмы крови, не содержащей иприта (вверху), и образца плазмы крови, искусственно зараженной 100 нг/мл иприта (внизу), полученные в выбранных оптимальных условиях процедур пробоподготовки и ВЭЖХ-МС/МС анализа при определении аддукта S-HETE-Cys-Pro-Phe. Режим регистрации выбранных ионных реакций

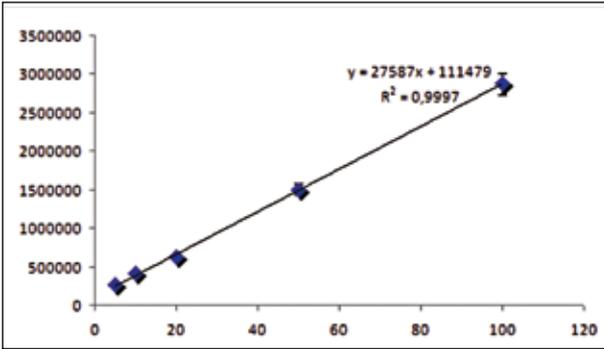


Рисунок 4 — Градуировочная зависимость в диапазоне концентраций иприта в человеческой плазме 5–100 нг/мл, построенная в выбранных условиях ВЭЖХ-МС/МС

Оценка метрологических характеристик и апробация на реальных объектах

В выбранных условиях разделения S-NETE-Cys-Pro-Phe построена градуировочная зависимость в диапазоне концентраций 5–100 нг/мл иприта в человеческой плазме крови (рисунок 4), рассчитаны метрологические характеристики (таблица 2).

Предел обнаружения рассчитывали при условии соблюдения соотношения интенсивности сигнала пика S-NETE-Cys-Pro-Phe и величины шума $S/N > 5$. Матричный эффект рассчитывали, сравнивая площади пика плазмы крови, не зараженной ипритом, с добавкой

50 нг/мл S-NETE-Cys-Pro-Phe после процедуры пробоподготовки с площадью пика 50 нг/мл S-NETE-Cys-Pro-Phe модельного водного раствора. При концентрации иприта в плазме крови менее 2 нг/мл происходит резкое уменьшение интенсивности сигнала (по-видимому, вследствие термической деструкции молекул S-NETE-Cys-Pro-Phe в камере ионизации), поэтому, несмотря на высокий коэффициент чувствительности градуировочной зависимости, предел обнаружения иприта в плазме крови человека ограничен значением 2 нг/мл.

Проверку правильности разработанного подхода проводили методом «введено-найдено» (таблица 3).

На рисунке 5 представлена хроматограмма образца плазмы крови человека с внесением 5 нг/мл иприта после описанной выше процедуры пробоподготовки. Также апробацию разработанного подхода к определению факта заражения ипритом плазмы человеческой крови проводили в рамках Первого официального биомедицинского теста ОЗХО.

Целью данного теста являлось установление факта присутствия и количества биомаркера иприта в трех зашифрованных пробах плазмы крови человека. В результате наших исследований удалось установить факт присутствия и содержание иприта (в виде аддукта S-NETE-Cys-Pro-Phe) в двух зашифро-

Таблица 2 — Метрологические характеристики разработанного подхода

Вещество	Уравнение градуировочного графика	r^2	Матричный эффект, %	Предел обнаружения, нг/мл	Диапазон определяемых концентраций, нг/мл	S_r , %
Иприт (в виде S-NETE-Cys-Pro-Phe)	$S_i = 27587 \times C_i + 111479$	0,9997	93±7	2,0	5–100	10

Таблица 3 — Проверка правильности разработанного подхода определения иприта в человеческой плазме методом «введено-найдено» и в рамках Первого официального биотеста ОЗХО ($P=0,95$, $n=3$)

Проба плазмы	Введено иприта, нг/мл	Найдено иприта, нг/мл
Модельная	5	5,3±0,5
Проба «D»	40	37±4
Проба «F»	50	48±4

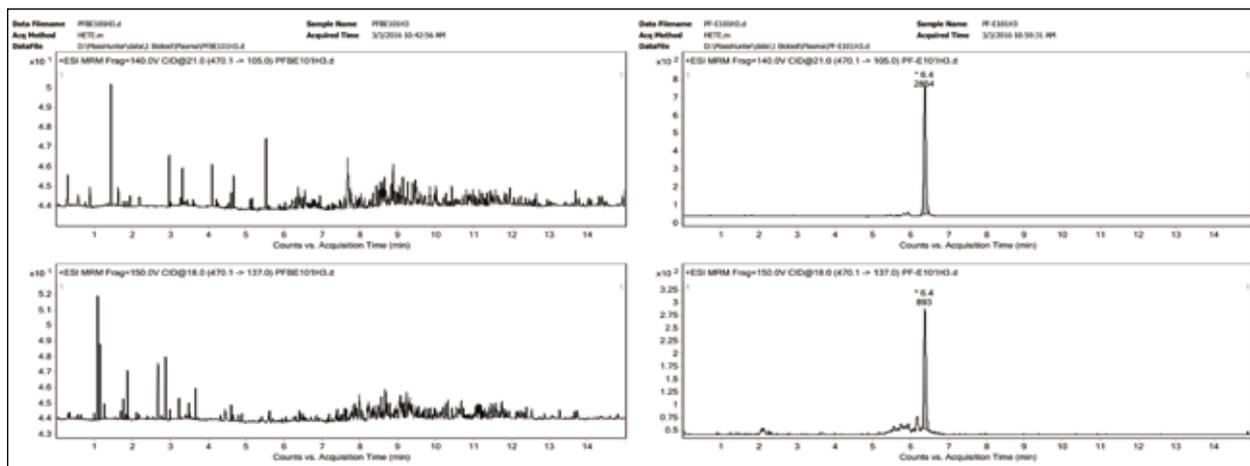


Рисунок 5 — Хроматограммы плазмы крови человека, экспонированной 5 нг/мл иприта (внизу), и не содержащей иприта (вверху). Режим регистрации выбранных ионных реакций

ванных пробах, что совпало с данными независимого анализа методом ГХ-МС/МС (СІ) и было подтверждено положительной оценкой ОЗХО результатов анализа, представленных нашей лабораторией.

Заключение

Оптимизирован и апробирован на экспонированных образцах плазмы крови человека способ определения факта интоксикации

ипритом (в виде биомаркера S-НЕТЕ-Cys-Pro-Phe) методом высокоэффективной жидкостной хроматографии с tandemным масс-спектрометрическим детектированием, который характеризуется высокой чувствительностью (2 нг/мл иприта в плазме), специфичностью и приемлемыми метрологическими характеристиками. Предложенный способ успешно апробирован отечественной лабораторией в рамках Первого официального биомедицинского теста ОЗХО.

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. Конвенция о запрещении разработки, производства, накопления и применения химического оружия и о его уничтожении. GE.92-61926, Париж. 1993. С. 52–55.
2. Комментарий Департамента информации и печати МИД России к докладам Миссии по установлению фактов применения химоружия в Сирии и НПО «Хьюман Райтс Уотч» / Министерство иностранных дел Российской Федерации, 06.05.2017. URL: http://www.mid.ru/foreign_policy/news/-/asset_publisher/cKNonkJE02Bw/content/id/2746077.
3. Capacio B.R., Smith J.R., Lawrence R.J., Boyd B.L., Witriol A.M., Conti M.L., Collins J.L., Sciuto A.M. Gas chromatographic-mass spectrometric analysis of sulfur mustard-plasma protein adduct: validation and use in a rat inhalation model // J. Anal. Toxicol. 2008. V. 32. P. 37–43.
4. Noort D., Benschop H.P., Black R.M. Biomonitoring of exposure to chemical warfare agents: a review // Toxicol. Appl. Pharm. 2002. V. 184. P. 116–126.
5. Barr J.R., Pierce C.L., Smith J.R., Capacio B.R., Woolfitt A.R., Solano M.I., Wooten J.V., Lemire S.W., Thomas J.D., Ash D.H., Ashley D.L. Analysis of urinary metabolites of sulfur mustard in two individuals after accidental exposure // J. Anal. Toxicol. 2008. V. 32. P. 10–16.
6. Newmark J., Langer J.M., Capacio B., Barr J., McIntosh R.G. Liquid sulfur mustard exposure // Military Med. 2007. V. 172. P. 196–198.

7. Benschop H.P., Van der Schans G.P., Noort D., Fidder A., Mars-Groenendijk R.H., de Jong L.P. Verification of exposure to sulfur mustard in two casualties of the Iran-Iraq conflict // *J. Anal. Toxicol.* 1997. V. 21. P. 249–251.

8. Xu H., Nie Z., Zhang Y., Li C., Yue L., Yang W., Chen J., Dong Y., Liu Q., Lin Y., Wu B., Feng, J., Lia H., Guo L., Xie J. Four sulfur mustard exposure cases: overall analysis of four types of biomarkers in clinical samples provides positive implication for early diagnosis and treatment monitoring // *Toxicol. Reports.* 2014. V. 1. P. 533–543.

9. Van der Schans G.P., Mars-Groenendijk R., de Jong L.P., Benschop H.P., Noort D. Standard operating procedure for immunoslotblot assay for analysis of DNA/Sulfur mustard adducts in human blood and skin // *J. Anal. Toxicol.* 2004. V. 28. P. 316–319.

10. Noort D., Hulst A.G., Trap H.C., de Jong L.P., Benschop H.P. Synthesis and mass spectrometric identification of the major amino acid adducts formed between sulphur mustard and haemoglobin in human blood // *Arch. Toxicol.* 1997. V. 71. P. 171–178.

11. Black M.R., Read W.R. Improved methodology for the detection and quantitation of urinary metabolites of sulphur mustard using gas chromatography-tandem mass spectrometry // *J. Chrom. B.* 1995. V. 665. P. 97–105.

12. Noort D., Fidder A., Hulst A.G., Woolfitt A.R., Ash D., Barr J.R. Retrospective detection of exposure to sulfur mustard: improvements on an assay for liquid chromatography-tandem mass spectrometry analysis of albumin/sulfur mustard adducts // *J. Anal. Toxicol.* 2004. V. 28. P. 333–338.

13. Pantazides B., Crow B., Garton J., Quinones-Gonzales J., Blake T., Thomas J., Johnson R.A. A simplified method for quantifying sulfur mustard adducts to blood proteins by ultra-high pressure liquid chromatography-isotope dilution tandem mass spectrometry // *J. Chemical Research in Toxicology.* 2015. V. № 2. P. 256–261.

14. Noort D., Hulst A.G., De Jong L.P., Benschop H.P. Alkylation of human serum albumin by sulfur mustard *in vitro* and *in vivo*: mass spectrometric analysis of a cysteine adduct as a sensitive biomarker of exposure // *Chem. Res. Toxic.* 1999. V. 12. P. 715–721.

Об авторах

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

Браун Аркадий Владимирович. Старший научный сотрудник, канд. хим. наук.

Рыбальченко Игорь Владимирович. Ведущий научный сотрудник, д-р хим. наук, проф.

Фатеенков Владимир Николаевич. Начальник отдела, канд. воен. наук.

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

Ставитская Яна Вадимовна. Научный сотрудник.

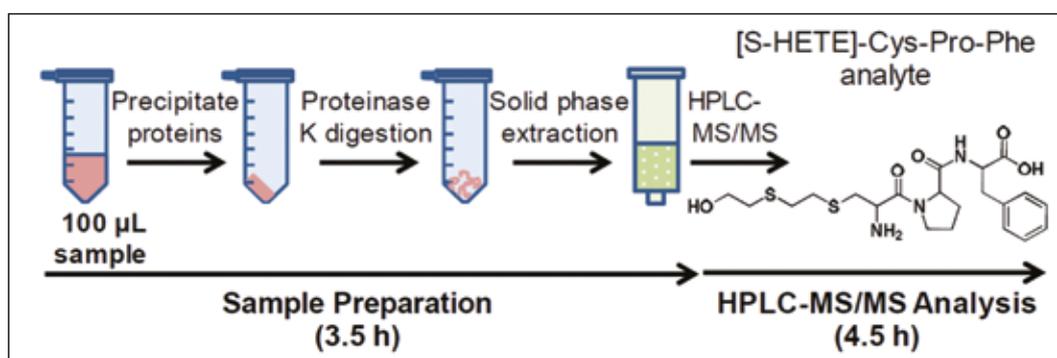
Орешкин Дмитрий Владимирович. Научный сотрудник.

Адрес для переписки: Браун Аркадий Владимирович; 27nc@mil.ru.

Optimization of a Method for the Determination of a Mustard Gas Biomarker in Human Blood Plasma by Liquid Chromatography–Mass Spectrometry

A.V. Braun, I.V. Rybalchenko, V.N. Fateenkov, M.A. Ponsov,
Y.V. Stavitskay, D.V. Oreshkin

Federal State Budgetary Establishment
«27 Scientific Centre» of the Ministry of Defence of the Russian Federation,
Brigadirskii Lane 13, Moscow 105000, Russian Federation



A method for the determination of a mustard gas biomarker (an S-hydroxyethylthioethyl adduct with albumin) in blood plasma was optimized with the use of HPLC with tandem mass-spectrometric detection. This method is based on the hydrolysis of this adduct by the proteinase K enzyme with the formation of the following stable tripeptide with cysteine, proline, and phenylalanine: S-HETE-Cys-Pro-Phe. The detection limit of mustard gas in human blood plasma was 2 ng/ml. The approach proposed was tested in the analysis of human blood plasma samples by the standard addition technique and also within the framework of the first official biomedical test carried out by the Organization for the Prohibition of Chemical Weapons (OPCW) in 2016, and it exhibited a good accuracy, reproducibility, and specificity of determination.

Keywords: mass spectrometry; high performance liquid chromatography; human blood plasma; sulfur mustard adduct to albumin.

For citation: Braun A.V., Rybalchenko I.V., Fateenkov V.N., Ponsov M.A., Stavitskay Y.V., Oreshkin D.V. Optimization of a method for the determination of a mustard gas biomarker in human blood plasma by liquid chromatography–mass spectrometry // *Journal of NBC Protection Corps*. 2017. V. 1. № 3. P. 7–17.

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. Convention on the prohibition of the development, production, stockpiling and use of chemical weapons and on their destruction. GE.92-61926, Paris. 1993. P. 52–55 (in Russian).
2. Comment of the information department of the Russian Foreign Ministry to the reports of the Mission on the establishment of facts of the use of chemical weapons in Syria and the NGO «Human Rights Watch» / MFA of the Russian Federation, 06.05.2017. URL: http://www.mid.ru/foreign_policy/news/-/asset_publisher/cKNonkJE02Bw/content/id/2746077 (in Russian).
3. Capacio B.R., Smith J.R., Lawrence R.J., Boyd B.L., Witriol A.M., Conti M.L., Collins J.L., Sciuto A.M. Gas chromatographic-mass spectrometric analysis of sulfur mustard-plasma protein adduct: validation and use in a rat inhalation model // *J. Anal. Toxicol.* 2008. V. 32. P. 37–43.
4. Noort D., Benschop H.P., Black R.M. Biomonitoring of exposure to chemical warfare agents: a review // *Toxicol. Appl. Pharm.* 2002. V. 184. P. 116–126.
5. Barr J.R., Pierce C.L., Smith J.R., Capacio B.R., Woolfitt A.R., Solano M.I., Wooten J.V., Lemire S.W., Thomas J.D., Ash D.H., Ashley D.L. Analysis of urinary metabolites of sulfur mustard in two individuals after accidental exposure // *J. Anal. Toxicol.* 2008. V. 32. P. 10–16.
6. Newmark J., Langer J.M., Capacio B., Barr J., McIntosh R.G. Liquid sulfur mustard exposure // *Military Med.* 2007. V. 172. P. 196–198.
7. Benschop H.P., Van der Schans G.P., Noort D., Fidder A., Mars-Groenendijk R.H., de Jong L.P. Verification of exposure to sulfur mustard in two casualties of the Iran-Iraq conflict // *J. Anal. Toxicol.* 1997. V. 21. P. 249–251.
8. Xu H., Nie Z., Zhang Y., Li C., Yue L., Yang W., Chen J., Dong Y., Liu Q., Lin Y., Wu B., Feng J., Lia H., Guo L., Xie J. Four sulfur mustard exposure cases: overall analysis of four types of biomarkers in clinical samples provides positive implication for early diagnosis and treatment monitoring // *Toxicol. Reports.* 2014. V. 1. P. 533–543.
9. Van der Schans G.P., Mars-Groenendijk R., de Jong L.P., Benschop H.P., Noort D. Standard operating procedure for immunoslotblot assay for analysis of DNA/Sulfur mustard adducts in human blood and skin // *J. Anal. Toxicol.* 2004. V. 28. P. 316–319.
10. Noort D., Hulst A.G., Trap H.C., de Jong L.P., Benschop H.P. Synthesis and mass spectrometric identification of the major amino acid adducts formed between sulphur mustard and haemoglobin in human blood // *Arch. Toxicol.* 1997. V. 71. P. 171–178.
11. Black M.R., Read W.R. Improved methodology for the detection and quantitation of urinary metabolites of sulphur mustard using gas chromatography-tandem mass spectrometry // *J. Chrom. B.* 1995. V. 665. P. 97–105.
12. Noort D., Fidder A., Hulst A.G., Woolfitt A.R., Ash D., Barr J.R. Retrospective detection of exposure to sulfur mustard: improvements on an assay for liquid chromatography-tandem mass spectrometry analysis of albumin/sulfur mustard adducts // *J. Anal. Toxicol.* 2004. V. 28. P. 333–338.
13. Pantazides B., Crow B., Garton J., Quinones-Gonzales J., Blake T., Thomas J., Johnson R.A. A simplified method for quantifying sulfur mustard adducts to blood proteins by ultra-high pressure liquid chromatography-isotope dilution tandem mass spectrometry // *J. Chemical Research in Toxicology.* 2015. V. № 2. P. 256–261.
14. Noort D., Hulst A.G., De Jong L.P., Benschop H.P. Alkylation of human serum albumin by sulfur mustard *in vitro* and *in vivo*: mass spectrometric analysis of a cysteine adduct as a sensitive biomarker of exposure // *Chem. Res. Toxic.* 1999. V. 12. P. 715–721.

Authors

Federal State Budgetary Establishment «27 Scientific Centre» of the Ministry of Defence of the Russian Federation. Brigadirskii Lane 13, Moscow 105000, Russian Federation.

Braun A.V. Senior Researcher. Candidate of Chemical Sciences.

Rybalchenko I.V. Leading Researcher. Doctor of Chemical Sciences. Professor.

Fateenkov V.N. Chief of the Department. Candidate of Military Sciences.

Ponsov M.A. Senior Researcher. Candidate of Chemical Sciences.

Stavitskay Y.V. Researcher.

Oreshkin D.V. Researcher.

Adress: Braun A.V.; 27nc@mil.ru

Результаты мониторинга сибиреязвенных моровых полей эпизоотии 2016 года на территории Ямальского района Ямало-Ненецкого автономного округа

А.В. Савиных¹, Д.Л. Павлов¹, А.В. Кузнецовский¹, О.О. Фоменков¹,
А.С. Туманов¹, А.А. Сулопаров², А.С. Морозов³

¹ Филиал федерального государственного бюджетного учреждения
«48 Центральный научно-исследовательский институт»
Министерства обороны Российской Федерации, 610000,
Российская Федерация, г. Киров, Октябрьский проспект, д. 119

² Научно-исследовательский центр (биологической защиты специального назначения) федерального государственного бюджетного учреждения
«48 Центральный научно-исследовательский институт» Министерства обороны
Российской Федерации, 620048, Российская Федерация,
г. Екатеринбург, улица Звездная, д. 1

³ Филиал федерального государственного бюджетного учреждения
«48 Центральный научно-исследовательский институт»
Министерства обороны Российской Федерации, 620048, Российская Федерация,
г. Екатеринбург, улица Звездная, д. 1

Поступила 08.08.2017 г. Принята к публикации 14.09.2017 г.

В ходе обследования специалистами ФГБУ «48 ЦНИИ» Минобороны России моровых полей на территории Ямальского района Ямало-Ненецкого автономного округа (ЯНАО) в 2017 г. на предмет контаминации возбудителем сибирской язвы было отобрано 32 пробы. В двух из них, № 3 – зольный остаток с места сжигания трупа оленя, и № 13 – биологический материал от трупа, не подвергнувшегося полному сжиганию, методом ПЦР в режиме реального времени обнаружены специфические фрагменты ДНК *Bacillus anthracis*. Из этих проб были получены чистые культуры возбудителя сибирской язвы. Установлено, что все они обладают типичными для высоковирулентных штаммов *B. anthracis* биологическими свойствами. Величина LD₅₀ в отношении белых мышей составляла 5,8 и 6,2 спор для изолятов № 3 и № 13 соответственно, а средняя продолжительность жизни животных с момента инфицирования до гибели не превышала 3,5 сут. Генетическое типирование выделенных изолятов по 18 VNTR-локусам хромосомной локализации показало, что их генотипы полностью идентичны штамму *B. anthracis* Ямал-1, выделенному сотрудниками филиала ФГБУ «48 ЦНИИ» Минобороны России (г. Киров) из трупа северного оленя в ходе ликвидации последствий эпизоотии сибирской язвы в ЯНАО в 2016 г. Совпадение генетических профилей у выделенных микробных культур и штамма Ямал-1 *B. anthracis* свидетельствует об одном источнике их происхождения и о наличии на территории Ямальского района ЯНАО устойчивых очагов *B. anthracis*, что требует от местных властей постоянной эпизоотической и эпидемической настороженности в отношении сибирской язвы.

Ключевые слова: сибирская язва; *Bacillus anthracis*; генетический профиль; VNTR-локус.

Библиографическое описание: Савиных А.В., Павлов Д.Л., Кузнецовский А.В., Фоменков О.О., Туманов А.С., Сулопаров А.А., Морозов А.С. Результаты мониторинга сибиреязвенных моровых полей эпизоотии 2016 года на территории Ямальского района Ямало-Ненецкого автономного округа // Вестник войск РХБ защиты. 2017. Т. 1. № 3. С. 18–29.

Заболеемость сибирской язвой в Российской Федерации в последние годы находилась на спорадическом уровне, не превышая 0,2 случаев на 100 тысяч населения (не более 24 случаев) в год [1]. Летом 2016 г. обстановка по данной инфекции резко осложнилась в связи с крупнейшей с 40-х годов прошлого столетия эпизоотией среди северных оленей (*Rangifer tarandus*) в Ямало-Ненецком автономном округе (ЯНАО), повлекшей за собой и эпидемические осложнения. В период с 25 июля по 2 августа в Ямальском районе ЯНАО было зарегистрировано 36 случаев заболевания людей сибирской язвой из числа 97 госпитализированных [2–4].

Эпизоотия сибирской язвы явилась следствием следующих причин. С 2007 г. в связи с высокими материальными затратами на фоне относительного эпизоотологического и эпидемиологического благополучия была прекращена вакцинация против сибирской язвы северных оленей и соответствующих категорий населения. Температурная аномалия в июне-июле 2016 г., когда дневная температура в ЯНАО достигала 29–34 °С, привела к увеличению глубины сезонного таяния многолетней мерзлоты, содержащей многочисленные захоронения ранее павших животных, и способствовала перемещению спор сибирязвенного микроба с межмерзлотными водами из глубинных слоев к поверхности почвы. Увеличение численности кровососущих насекомых, а также негативное воздействие жары на иммунную систему оленей, очевидно, также стали причиной массового заболевания северных оленей¹.

Спустя год после ликвидации вспышки инфекции для уточнения эпидемиологической обстановки по сибирской язве на территории ЯНАО специальной экспедицией Министерства обороны Российской Федерации было проведено обследование моровых полей на предмет контаминации *Bacillus anthracis*².

Цель работы – выделение из проб, отобранных на территориях моровых полей эпизоотии

2016 г. в Ямальском районе ЯНАО, культур возбудителя сибирской язвы, его генетическое типирование по 18 VNTR-локусам хромосомной локализации, а также сравнение генетического профиля со штаммами *B. anthracis* из Государственной коллекции микроорганизмов филиала ФГБУ «48 ЦНИИ» Минобороны России (г. Киров).

Материалы и методы

Все работы на территориях моровых полей в ЯНАО проводились с использованием Комплекса многофункционального мобильного модуля для анализа патогенных биологических материалов (агентов) (МКА ПБА) и поддержки принятия решений оперативных групп Минобороны России, действующих в чрезвычайных ситуациях биологического характера.

Взятие проб сырья животного происхождения и объектов окружающей среды, подозрительных на зараженность (контаминацию) *B. anthracis*, проводили, руководствуясь методическими указаниями МУК 4.2.2413-08 «Лабораторная диагностика и обнаружение возбудителя сибирской язвы» [5].

В качестве референс-штаммов использовали микробные культуры из Государственной коллекции микроорганизмов филиала ФГБУ «48 ЦНИИ» Минобороны России (г. Киров). Характеристика использованных штаммов приведена в таблице 1.

Исследования с препаратами ДНК *B. anthracis* проводили в соответствии с требованиями методических указаний МУК 1.3.2569-09 «Организация работы лабораторий, использующих методы амплификации нуклеиновых кислот при работе с материалом, содержащим микроорганизмы I–IV групп патогенности» [6].

Подготовку проб к анализу методом полимеразной цепной реакции в режиме реального времени (ПЦР-РВ) проводили с использованием набора реагентов «М-Сорб» производства ЗАО «Синтол» в соответствии с инструкцией по применению [7].

¹ Экология возбудителя сибирской язвы более сложна, чем считают авторы работы. Могильники с захороненными животными, павшими от сибирской язвы, и места обнаружения останков погибших во время эпизоотии этой болезни животных, т.е. то, что они относят к «морovým полям» – верхушка айсберга природной очаговости сибирской язвы. В 2012 г. специалистами Школы медицины Университета Виргинии (University of Virginia School of Medicine, Charlottesville, Virginia, США) получены прямые доказательства персистенции и размножения *B. anthracis* в амебах вида *Acanthamoeba castellanii* [Dey R., Hoffman P.S., Glomski I.J. Germination and amplification of anthrax spores by soil-dwelling amoebas // Applied and Environmental Microbiology. 2012. V. 78. № 2. P. 8075–8081]. Первичным резервуаром *B. anthracis* являются одноклеточные организмы, эволюционные предшественники фагоцитирующих клеток позвоночных. Видимо, в пищу оленей споры сибирской язвы попали вместе с ягелем – симбиотической ассоциацией грибов, микроскопических зеленых водорослей и простейших. Такие очаги могут поддерживать *B. anthracis* десятки тысяч лет без необходимости в эпизоотиях среди северных оленей. Но на каких территориях они расположены? Где границы таких природных очагов возбудителя сибирской язвы? На эти вопросы можно ответить, если их сначала поставить, но несомненно то, что работы в этом направлении могут изменить современные представления о природной очаговости сибирской язвы (прим. ред.).

² Результаты исследования биологических и генетических свойств сибирязвенных изолятов эпизоотии 2016 г. в ЯНАО были опубликованы в Вестнике войск РХБ защиты 2017. Т. 1. № 1. С. 23–32.

Таблица 1 — Характеристика штаммов микроорганизмов, использованных в экспериментальных исследованиях

Вид микроорганизма	Наименование штамма	Плазмидный состав	Происхождение или источник получения штамма
<i>Bacillus anthracis</i>	Ч-7	pXO1, pXO2	Штамм селекционирован в 1947 г. путем отбора на агаре с 10 % нормальной лошадиной сывороткой протеолитических колоний штамма Ч-6
<i>Bacillus anthracis</i>	Ямал-1	pXO1, pXO2	Штамм выделен специалистами НИЦ 48 ЦНИИ Минобороны России на территории Ямальского района ЯНАО в августе 2016 г. в ходе ликвидации последствий эпизоотии среди северных оленей
<i>Bacillus cereus</i>	8	-	Штамм дикого типа, получен из Коллекционного центра Ставропольского НИПЧИ 11.04.2003 г.

Препараты ДНК для мультилокусного VNTR-типирования микробных культур *B. anthracis* получали с использованием Набора реагентов для выделения геномной ДНК на колонках «К-Сорб» производства ЗАО «Синтол» в соответствии с инструкцией по применению [8].

Подтверждение принадлежности микробных культур к виду *B. anthracis* осуществляли с применением набора реагентов для выявления и идентификации ДНК возбудителя сибирской язвы методом полимеразной цепной реакции (ПЦР) в реальном времени, «ОМ-Скрин-Сибирская язва-РВ», в детектирующем термоциклере «АНК-32» производства ИАП РАН [9, 10].

Генетическое типирование исследуемых культур проводили методом мультилокусного VNTR-анализа по 18 локусам из числа описанных Keim et al. [11] и Le Fleche et al. [12].

Разделение продуктов амплификации проводили в нативных 6–12 % полиакриламидных гелях (ПААГ) в зависимости от размера ожидаемых аллельных вариантов и единицы повтора исследуемого VNTR-локуса. В качестве маркеров ДНК, параллельно с анализируемыми амплификатами, использовали гомологичные нуклеотидные последовательности. Определение размера амплифицированных фрагментов проводили путем сравнения длины их пробега с пробегом гомологичной ДНК известных штаммов сибиреязвенного микроба после окрашивания геля бромистым этидием (рабочая концентрация раствора 0,5 мкг/мл).

Для постановки биопробы с исходными пробами, поступившими на исследование, а также определения показателя LD₅₀ выделенных микробных культур *B. anthracis* использовали беспородных белых мышей обоих полов массой (18±2) г. Определение патогенности выделенных микробных культур проводили с ис-

пользованием золотистых хомячков массой от 120 до 150 г и кроликов массой от 1800 до 2000 г.

Результаты и обсуждение

В ходе обследования моровых полей на территории Ямальского района ЯНАО на предмет контаминации возбудителем сибирской язвы специалистами 48 ЦНИИ Минобороны России были отобраны пробы из объектов окружающей среды и биологического материала (почва, зольный остаток с мест сжигания трупов оленей, трупный материал от оленей, не подвергшихся полному сжиганию). Представлялось целесообразным отобрать для исследования максимально разнообразный материал с нескольких моровых полей.

Все работы по забору, транспортированию и подготовке проб из объектов окружающей среды осуществляли в строгом соответствии с требованиями СП 1.3.3118-13 «Безопасность работы с микроорганизмами I–II групп патогенности (опасности)» [13], а также СП 1.2.036-95 «Порядок учета, хранения, передачи и транспортирования микроорганизмов I–IV групп патогенности» [14].

Фотоматериалы отдельных мест отбора проб с обследуемых моровых полей и скотомогильников представлены на рисунке 1.

Пробы почвы с мест сжигания брали на глубине до 15 см. Особое внимание обращали на костные и другие животные остатки, которые также отбирались для исследования. Кусочки кожи размером 3×3 см отбирали с периферических незагнивших и незаплесневевших участков шкурок трупов животных, сохранившихся после сжигания. Шерсть для исследования отбирали из разных мест в количестве не менее 5 образцов массой около 2 г каждый. Пробы воды из водоема рядом с местом сожжения

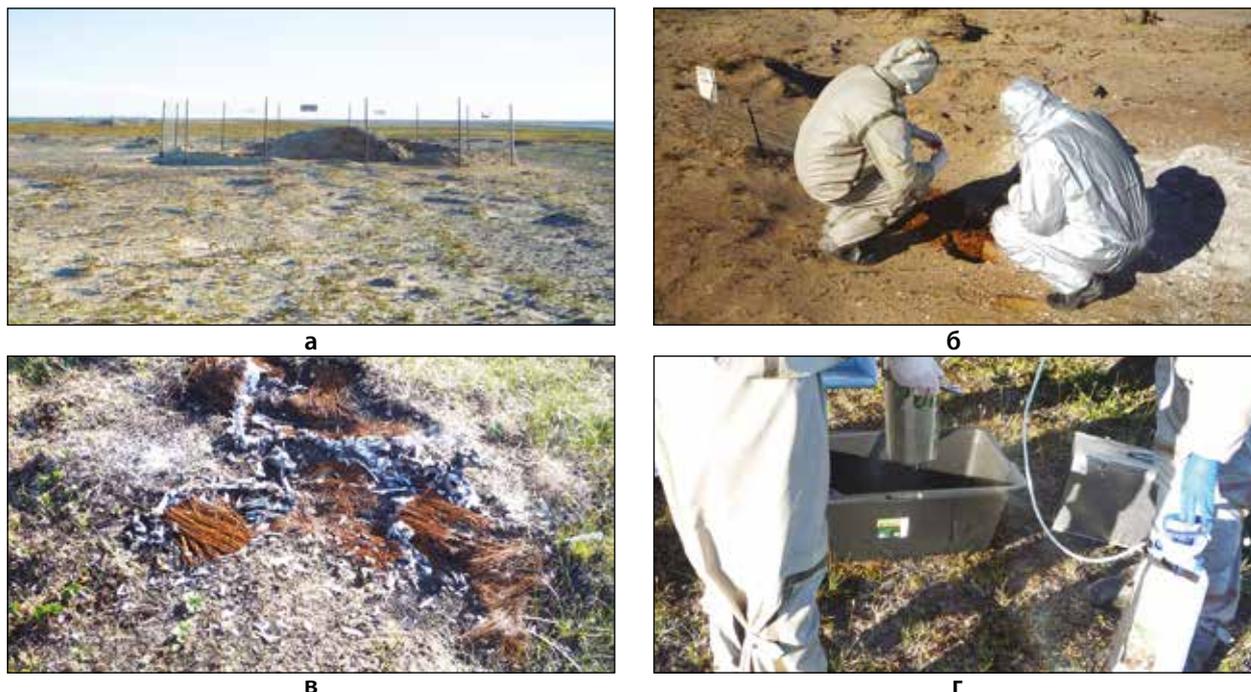


Рисунок 1 — Отдельные места отбора проб с обследуемых моровых полей и скотомогильников (а – общий вид скотомогильников, сформированных в 2016 г.; б – отбор проб почвы; в – место сжигания трупа оленя; г – проведение дезинфекционной обработки после отбора проб)

Таблица 2 — Описание и географические координаты мест отбора проб, доставленных для исследования в НИЦ 48 ЦНИИ Минобороны России

№ пробы	Место отбора (описание) пробы	Географические координаты места отбора пробы
1	Почва с места сжигания	N 68.24.010 E 71.01.200
2	Почва с места захоронения (скотомогильника)	
3	Почва с места сжигания	
4	Почва с места сжигания	
5	Почва с места сжигания	
6	Трупный материал	N 68.24.390 E 70.47.720
7	Почва с места сжигания	
8	Смыв с растительности	
9	Трупный материал	N 68.24.326 E 70.47.696
10	Почва с места сжигания	
11	Почва с места сжигания	N 68.24.989 E 70.44.435
12	Трупный материал (кожа с головы)	
13	Трупный материал (кожа с шерстью с ноги)	
14	Шерсть	N 68.25.077 E 70.44.857
15	Проба растительности	
16	Почва с места сжигания	
17	Трупный материал	N 68.24.517 E 70.74.332
18	Смыв с ребра	
19	Проба почвы из-под трупа	

Продолжение таблицы 2

20	Трупный материал	N 68.24.327 E 70.47.419
21	Смыв с шерсти	
22	Проба почвы	N 68.24.335 E 70.47.390
23	Почва из-под трупа	
24	Проба растительности	N 68.24.435 E 70.47.390
25	Вода с места сжигания	
26	Почва с места сжигания	N 68.24.643 E 70.47.272
27	Трупный материал	
28	Почва с места сжигания	N 68.24.732 E 70.47.440
29	Смыв с ноги	
30	Шерсть	N 68.24.732 E 70.47.440
31	Проба почвы из-под трупа	
32	Смыв с ребра	

животного отбирали у поверхности на глубине до 15 см и у дна общим объемом 1 л. Также были отобраны пробы придонного осадка у береговой кромки, которые в дальнейшем исследова-

ли так же, как пробы почвы. С мест наиболее вероятного обсеменения спорами с помощью стерильного тампона, смоченного стерильной дистиллированной водой, делали смывы. Там-



а



б

Рисунок 2 — Места отбора проб № 3 и 13
(а – отбор пробы № 3 – почва с места сжигания трупа оленя;
б – отбор пробы № 13 – трупный материал (кожа с шерстью с ноги))

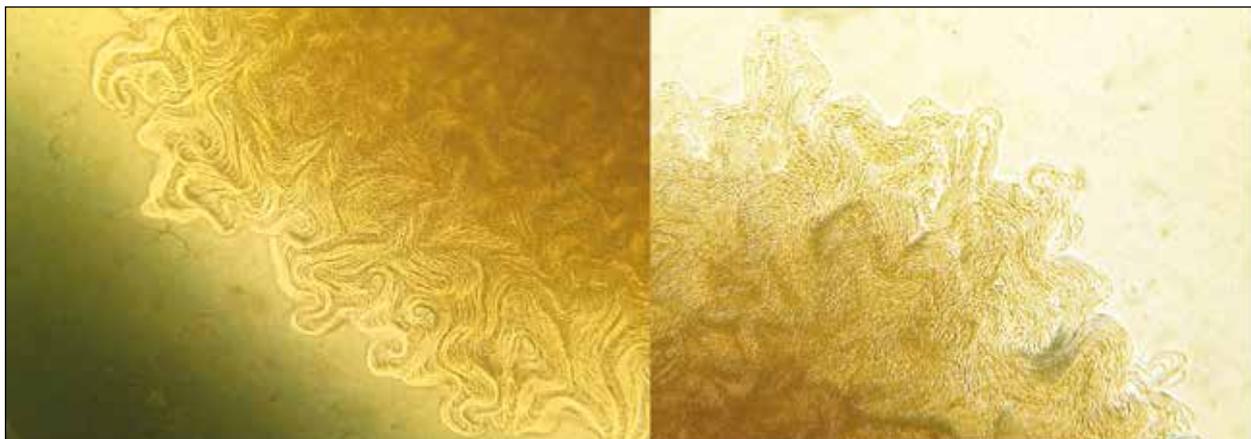


Рисунок 3 — Световая микроскопия периферии отдельных колоний с типичным для возбудителя сибирской язвы характером роста на плотной питательной среде (×300)

поны помещали в пробирки, заливали 15 мл стерильной дистиллированной воды и закрывали пробкой.

Всего было отобрано и доставлено в филиал 48 ЦНИИ Минобороны России (г. Киров) 32 пробы. Описание отобранных проб и географические координаты мест их отбора представлены в таблице 2.

Анализ методом ПЦР в режиме реального времени с использованием Набора реагентов «ОМ-Скрин-Сибирская язва-РВ» [9] подтвердил наличие в двух пробах, обозначенных № 3 и № 13, специфических фрагментов ДНК *B. anthracis*. Проба № 3 представляла собой зольный остаток с места сжигания трупа оленя, проба № 13 – биологический материал от трупа, не подвергнутого полному сжиганию. Места отбора указанных проб представлены на рисунке 2.

Результаты бактериологических исследований положительных в ПЦР проб через 18–20 ч инкубирования также подтвердили наличие в них специфической контаминации, в обоих случаях в высевах на поверхности плотной питательной среды, содержащей полимиксин В,

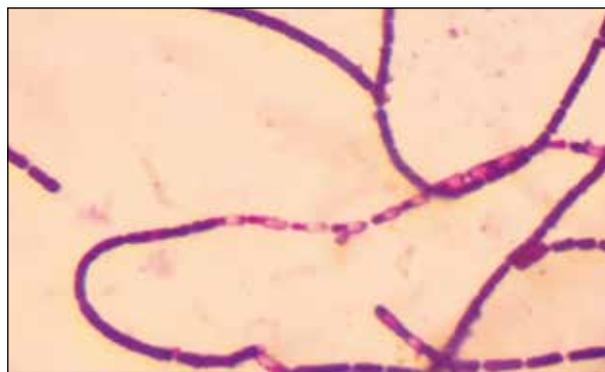
был обнаружен рост колоний, типичных по морфологии для возбудителя сибирской язвы. При просмотре через микроскоп с увеличением в 300 раз данные колонии заметно отличались от других микроорганизмов. Их периферия выделялась неровными краями с отходящими от них волнистыми отростками, напоминающими так называемую «львиную гриву» или «голову медузы», что характерно для *B. anthracis*. Фотографии периферии отдельных колоний на плотной питательной среде с типичным для возбудителя сибирской язвы характером роста представлены на рисунке 3.

Чистую культуру возбудителя сибирской язвы выделяли параллельно двумя методами: бактериологическим (путем посева нативных проб на селективные плотные и в жидкие питательные среды) и биологическим (через заражение исходным материалом лабораторных животных).

В каждом случае чистую культуру выделяли бактериологическим методом еще до подтверждения специфической гибели зараженных лабораторных животных.

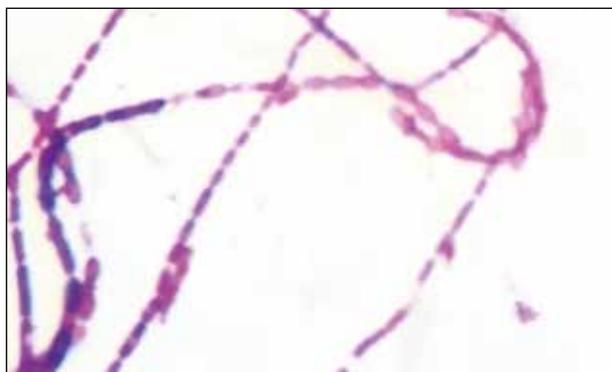


а

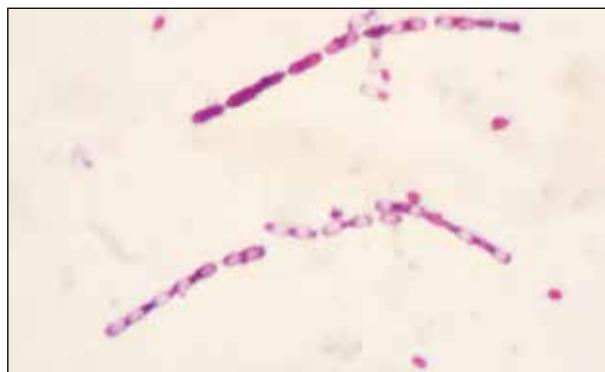


б

Рисунок 4 — Микроскопия мазков, приготовленных из микробных культур через 18–20 ч роста (окраска по Граму, $\times 1350$)
(а – агаровая микробная культура; б – бульонная микробная культура)



а



б

Рисунок 5 — Микроскопия мазков, приготовленных из суточных микробных культур (окраска по Цилю–Нильсену, $\times 1350$)
(а – агаровая микробная культура; б – бульонная микробная культура)

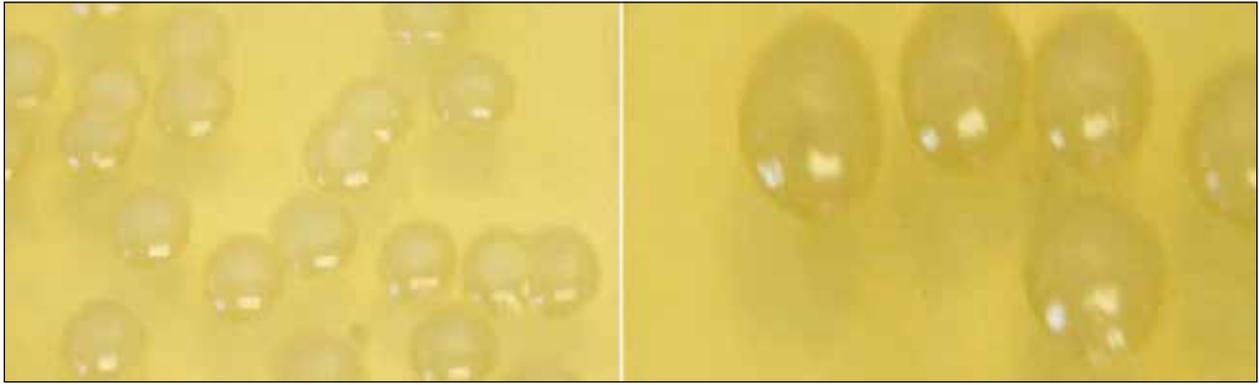


Рисунок 6 — Типичный для выделенных микробных культур *B. anthracis* рост на плотной питательной среде, содержащей бикарбонат натрия

Для изучения морфологии микробных клеток отобранных культур и подтверждения их принадлежности к виду *B. anthracis* делали мазки для микроскопии с последующей окраской по Граму и Цилю–Нильсену. Результаты микроскопии представлены на рисунках 4 и 5.

В мазках по Граму выявлялись крупные грамположительные палочки с обрубленными внутренними и слегка закругленными свободными концами, расположенные в виде длинных цепочек, напоминающих «бамбуковую трость», что характерно для сибиреязвенного микроба.

В мазках, окрашенных по Цилю–Нильсену, также просматривались крупные бактериальные клетки, расположенные в цепочках. В отдельных цепочках часть клеток находилась в процессе спорообразования, о чем свидетельствовало наличие внутри бактериальных клеток центрально расположенных проспор.

Исследование патогенности выделенных культур сибиреязвенного микроба проводили на кроликах. Животных заражали подкожно суспензией микробных клеток каждого штамма в объеме 0,5 мл. В процессе наблюдения за зараженными животными было установлено, что все взятые в опыт кролики погибли на четвертые

сутки после инфицирования. При вскрытии погибших животных обнаруживались студенистый инфильтрат в области введения заражающего материала и кровенаполненная селезенка. Других поражений внутренних органов выявлено не было. В мазках-отпечатках внутренних органов, окрашенных по Граму, выявлялись грамположительные палочки, расположенные в основном поодиночке и попарно, а также в виде коротких обрубленных нитей с просветлениями между отдельными клетками.

При высеве из внутренних органов погибших животных на чашках с бикарбонатной питательной средой через 24 ч инкубирования в атмосфере CO_2 во всех случаях обнаруживались типичные для вирулентных штаммов *B. anthracis* слизистые колонии, сходные по морфологии с колониями референс-штамма Ч-7. В качестве примера на рисунке 6 представлены фотографии роста отдельных колоний S-формы микробных культур *B. anthracis* после пассажа через организм кролика.

На плотной питательной среде без бикарбоната натрия через 18–20 ч инкубирования при температуре $(36 \pm 1)^\circ C$ наблюдался характерный для сибиреязвенного микроба рост. На чашках росли крупные плоские матовые колонии R-формы.

В качестве примера на рисунке 7 представлена фотография роста на плотной питательной среде отдельных колоний выделенных микробных культур.

Для исследования процесса спорообразования и получения споровых культур *B. anthracis* выросшие колонии каждого изолята в количестве от 10 до 15 штук ресуспендировали в 25 мл жидкой питательной среды и инкубировали при температуре $(36 \pm 1)^\circ C$ в течение 24 ч. Выросшими бульонными культурами в объеме от 6 до 8 мл засеивали матрасы со средой для спорообразования. Матрасы инкубировали при $(33 \pm 1)^\circ C$ в течение 5 суток. Процесс спорообразования исследовали ежедневно путем микроскопии мазков, окрашенных по Граму и Цилю–Нильсену, в которых



Рисунок 7 — Рост на плотной питательной среде отдельных колоний выделенных микробных культур

Таблица 3 — Вирулентность изолятов *B. anthracis* при подкожном заражении белых мышей

Изолят (штамм) <i>B. anthracis</i>	LD ₅₀ живых спор	τ, сут
3	5,8	3,3
13	6,2	3,5
Ямал-1	6,0	3,4
Ч-7	8,0	3,7

оценивали наличие посторонней микрофлоры и полноту спорообразования. При обнаружении в мазках от 85 до 90 % спор культуры смывали с поверхности агара дистиллированной водой. В полученные споровые суспензии добавляли глицерин до конечной концентрации 30 %. Приготовленные споровые культуры хранили при температуре (4±2) °С и в дальнейшем использовали для оценки LD₅₀.

Для оценки биохимических свойств исследуемых культур использовали методики определения гемолитической, фосфатазной, протеолитической и лецитиназной активностей. По данному спектру биохимических реакций выделенные микробные культуры *B. anthracis* обладали типичными для сибирязвенного микроба свойствами.

Вирулентность полученных изолятов оценивали в опытах на белых мышах. Для заражения лабораторных животных использовали споровые культуры выделенных изолятов, а в качестве контроля – споровые культуры штаммов Ямал-1 и Ч-7 *B. anthracis*. Животных заражали подкожно в расчетных дозах, составляющих 1, 5, 25 и 125 живых спор. За зараженными животными наблюдали в течение 10 суток. Для определения специфичности гибели погибших животных вскрывали и проводили высевы из селезенки (методом «отпечатка») на чашки Петри с бикарбонатной средой. Чашки инкубировали в атмосфере CO₂ при температуре (36±1) °С в течение 24 ч. Животное считали погибшим от сибирской язвы в случае обнаружения на поверхности агара роста, характерного для сибирязвенного микроба. Результаты определения величины LD₅₀ и средней продолжительности жизни животных с момента инфицирования до гибели (τ) представлены в таблице 3.

Из данных, представленных в таблице 3, видно, что культуры обоих изученных изолятов, как и культуры типичных сибирязвенных штаммов Ямал-1 и Ч-7, обладали высокой вирулентностью в отношении белых мышей. Величина LD₅₀ составляла 5,8 и 6,2 спор для изолятов № 3 и № 13 соответственно, а средняя продолжительность жизни животных с момента инфицирования до гибели не превышала 3,5 суток.

Таким образом, все выделенные микробные культуры возбудителя сибирской язвы

обладают типичными для высоковирулентных штаммов *B. anthracis* свойствами.

Мультилокусное VNTR-типирование исследуемых культур проводили по 18 VNTR-локусам хромосомной локализации из числа описанных Keim et al. [11] и Le Fleche et al. [12].

Примеры электрофореграмм продуктов амплификации отдельных VNTR-локусов выделенных изолятов в сравнении со штаммами Ч-7 и Ямал-1 сибирязвенного микроба представлены на рисунках 8–10.

Выявленный генотип сравнивали с ранее полученными результатами генетического типирования штаммов из Государственной коллекции микробных культур филиала 48 ЦНИИ Минобороны России (г. Киров). В результате сравнения генотипических характеристик было выявлено, что генотипы выделенных микробных культур полностью совпадают по всем 18 VNTR-локусам со штаммом Ямал-1 *B. anthracis*, выделенным специалистами филиала 48 ЦНИИ Минобороны России (г. Киров) на территории Ямальского района ЯНАО в августе 2016 г. в ходе ликвидации последствий эпизоотии среди северных оленей. Генетические профили выделенных микробных культур в сравнении со штаммами Ямал-1 и Ч-7 *B. anthracis* представлены в таблице 4.

Результаты генетического типирования позволяют констатировать, что генотипы выделенных изолятов по 18 VNTR-локусам идентичны генотипу штамма Ямал-1 *B. anthracis*.

Таким образом, в ходе проведенных исследований из полученных проб были выделены два изолята возбудителя сибирской язвы. Детальное изучение с помощью бактериологических, микроскопических, биологических и молекулярно-генетических методов подтвердило наличие у них типичных для высоковирулентных штаммов *B. anthracis* свойств. Совпадение генетических профилей у выделенных микробных культур и штамма Ямал-1 *B. anthracis* свидетельствует об одном источнике их происхождения.

По результатам исследований можно сделать вывод о наличии контаминации территории Ямальского района ЯНАО спорами возбудителя сибирской язвы. По причине высокой устойчивости сибирязвенного микроба к воздействию условий окружающей среды, очаг инфекции может сохраняться в течение дли-

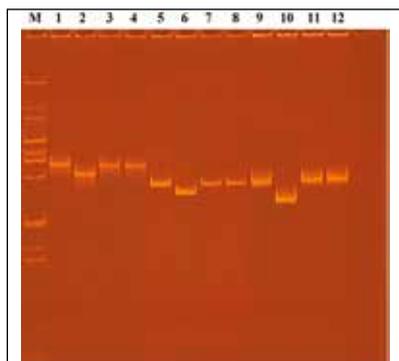


Рисунок 8 — Электрофореграмма фракционирования в 8 % ПААГ продуктов амплификации VNTR-локусов сибирязвенного микроба *Seb-Bams-1*, *Seb-Bams-22* и *Seb-Bams-23* (M – молекулярный маркер ДНК *GeneRuler™ 100br DNA Ladder Plus*; 1–12 – продукты амплификации локусов *Seb-Bams-1* (1–4), *Seb-Bams-22* (5–8) и *Seb-Bams-23* (9–12): 1, 5, 9 – Ямал-1, 2, 6, 10 – Ч-7; 3, 4, 7, 8, 11, 12 – выделенные из проб микробные культуры *B. anthracis*)

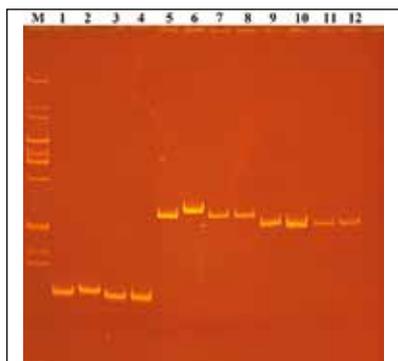


Рисунок 9 — Электрофореграмма фракционирования в 8 % ПААГ продуктов амплификации VNTR-локусов сибирязвенного микроба *VrrA*, *VrrC1* и *VrrC2* (M – молекулярный маркер ДНК *GeneRuler™ 100br DNA Ladder Plus*; 1–12 – продукты амплификации локусов *VrrA* (1–4), *VrrC1* (5–8) и *VrrC2* (9–12): 1, 5, 9 – Ямал-1, 2, 6, 10 – Ч-7; 3, 4, 7, 8, 11, 12 – выделенные из проб микробные культуры *B. anthracis*)

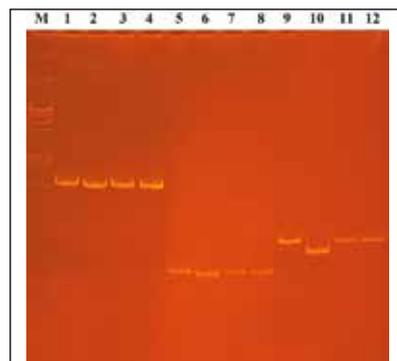


Рисунок 10 — Электрофореграмма фракционирования в 8 % ПААГ продуктов амплификации VNTR-локусов сибирязвенного микроба *Seb-Bams 1*, *CG3* и *VrrB1* (M – молекулярный маркер ДНК *GeneRuler™ 100br DNA Ladder Plus*; 1–12 – продукты амплификации локусов *Seb-Bams 1* (1–4), *CG3* (5–8) и *VrrB1* (9–12): 1, 5, 9 – Ямал-1, 2, 6, 10 – Ч-7; 3, 4, 7, 8, 11, 12 – выделенные из проб микробные культуры *B. anthracis*)

Таблица 4 — Генетические профили выделенных микробных культур в сравнении со штаммами Ямал-1 и Ч-7 *B. anthracis*

Наименование VNTR-локуса	Размер продукта амплификации у изолята (штамма) <i>B. anthracis</i>			
	№ 3	№ 13	Ямал-1	Ч-7
<i>Seb-Bams-1</i>	450	450	450	430
<i>Seb-Bams-3</i>	574	574	574	619
<i>Seb-Bams-5</i>	385	385	385	385
<i>Seb-Bams-13</i>	427	427	427	454
<i>Seb-Bams-15</i>	607	607	607	607
<i>Seb-Bams-21</i>	676	676	676	676
<i>Seb-Bams-22</i>	699	699	699	663
<i>Seb-Bams-23</i>	611	611	611	569
<i>Seb-Bams-24</i>	630	630	630	630
<i>Seb-Bams-25</i>	391	391	391	391
<i>Seb-Bams-28</i>	425	425	425	500
<i>Seb-Bams-30</i>	375	375	375	930
<i>VrrA</i>	301	301	301	313
<i>VrrB1</i>	229	229	229	229
<i>VrrB2</i>	162	162	162	162
<i>VrrC1</i>	583	583	583	613
<i>VrrC2</i>	532	532	532	532
<i>CG3</i>	158	158	158	153

Примечание.

Жирным шрифтом отмечены продукты амплификации VNTR-локусов референс-штамма Ч-7, отличающие его от таковых у выделенных микробных культур и штамма Ямал-1 *B. anthracis*.

тельного времени. Немаловажным мероприятием для профилактики возникновения новых вспышек инфекции является обязательная

вакцинация всего поголовья северных оленей, выпас которых происходит на зараженной территории, а также местного населения.

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. Постановление Главного государственного санитарного врача РФ от 10 декабря 2014 г. № 81 «Об усилении мероприятий, направленных на профилактику сибирской язвы в Российской Федерации». URL: <http://www.base.garant.ru/70872824/>.

2. Селянинов Ю.О., Егорова И.Ю., Колбасов Д.В., Листищенко А.А. Сибирская язва на Ямале. Причины возникновения и проблемы диагностики // Ветеринария. 2016. № 10. С. 3-7.

3. Шестакова И.В. Сибирская язва ошибок не прощает: оценка информации после вспышки на Ямале летом 2016 г. // Журн. инфектологии. 2016. Т. 8. № 3. С. 5-27.

4. Попова А.Ю., Демина Ю.В., Ежлова Е.Б., Куличенко А.Н. и др. Вспышка сибирской язвы в Ямало-Ненецком автономном округе в 2016 г., эпидемиологические особенности // Пробл. особо опасн. инф. 2016. Вып. 4. С. 42-46.

5. Лабораторная диагностика и обнаружение возбудителя сибирской язвы: МУК 4.2.2413-08. М., 2009. 126 с.

6. Организация работы лабораторий, использующих методы амплификации нуклеиновых кислот при работе с материалом, содержащим микроорганизмы I-IV групп патогенности: МУК 1.3.2569-09. М., 2010. 51 с.

7. Инструкция по применению «Набора реагентов «М-Сорб» для выделения ДНК и РНК из клинических образцов и объектов окружающей среды (на

магнитных частицах)». М.: ЗАО «Синтол», 2016. 2 с.

8. Инструкция по применению «Набора реагентов для выделения геномной ДНК из биологического материала на колонках «К-Сорб-100». М.: ЗАО «Синтол», 2016. 2 с.

9. Инструкция по применению «Набор реагентов для выявления и идентификации ДНК возбудителя сибирской язвы методом полимеразной цепной реакции в реальном времени (ОМ-Скрин-Сибирская язва-РВ)». М.: ЗАО «Синтол», 2014. 26 с.

10. Руководство по эксплуатации. Устройство для обнаружения специфической последовательности нуклеиновых кислот – «АНК»: ТУ 9443-003-04699534-2005. М.: ФГБУН Институт аналитического приборостроения РАН, 2009. 59 с.

11. Keim P., Prince L.B., Klevitska A.M. et al. Multiple-locus variable-number tandem repeat analysis reveals genetic relationships within *B. anthracis* // J. Bact. 2000. V. 182. P. 2928-2936.

12. Le Fleche P., Hauk Y., Onteniente L. et al. A tandem repeats database for bacterial genomes: application to the genotyping of *Yersinia pestis* and *Bacillus anthracis* // BMC Microbiology. 2001. V. 1 (2). P. 2180-2193.

13. СП 1.3.3118-13. «Безопасность работы с микроорганизмами I-II групп патогенности (опасности)». Санитарные правила. М., 2014. 197 с.

14. СП 1.2.036-95. «Порядок учета, хранения, передачи и транспортирования микроорганизмов I-IV групп патогенности». Санитарные правила. М., 1995. 81 с.

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.

Савиных Алексей Васильевич. Заместитель начальника научно-исследовательского отдела – начальник группы, канд. биол. наук.

Павлов Данил Леонидович. Старший техник научно-исследовательского отдела.

Кузнецовский Андрей Владимирович. Начальник научно-исследовательского управления, канд. биол. наук.

Фоменков Олег Олегович. Начальник научно-исследовательского отдела, канд. биол. наук.

Туманов Александр Сергеевич. Начальник филиала, канд. мед. наук, доцент.

Научно-исследовательский центр (биологической защиты специального назначения) федерального государственного бюджетного учреждения «48 Центральный научно-исследовательский институт» Министерства обороны Российской Федерации. 620048, Российская Федерация, г. Екатеринбург, улица Звездная, д. 1.

Суслопаров Алексей Александрович. Заместитель начальника научно-исследовательского центра по научно-исследовательской работе – начальник отдела, канд. мед. наук.

Филиал федерального государственного бюджетного учреждения «48 Центральный научно-исследовательский институт» Министерства обороны Российской Федерации. 610048, Российская Федерация, г. Екатеринбург, улица Звездная, д. 1.

Морозов Александр Сергеевич. Начальник научно-исследовательского отдела, канд. техн. наук.

Адрес для переписки: Павлов Данил Леонидович; NIC48CNII@mail.ru

The Results of Monitoring of Death Places of Animals, Died from Anthrax during the Epizootic 2016 in Yamal-Nenets Autonomous District

A.V. Savinykh¹, D.L. Pavlov¹, A.V. Kuznetsovskiy¹, O.O. Fomenkov¹,

A.S. Tumanov¹, A.A. Susloparov², A.S. Morozov³

¹ Branch Office of the Federal State Budgetary Establishment «48 Central Scientific Research Institute» of the Ministry of Defence of the Russian Federation, Oktyabrsky Avenue 119, Kirov 610000, Russian Federation

² Scientific Research Center of the Federal State Budgetary Establishment «48 Central Scientific Research Institute» of the Ministry of Defence of the Russian Federation, Zvezdnaya street 1, Yekaterinburg 620048, Russian Federation

³ Branch Office of the Federal State Budgetary Establishment «48 Central Scientific Research Institute» of the Ministry of Defence of the Russian Federation, Zvezdnaya street 1, Yekaterinburg 620048, Russian Federation

The article presents the results of the study of samples taken in 2017 by the specialists from the «48 Central Scientific Research Institute» of the Ministry of Defence of Russia in the course of the survey of deathplaces of animals in the territories of Yamal region of the Yamal-Nenets Autonomous District, contaminated by the *Bacillus anthracis* agent. Thirty two samples have been taken during the survey. Real-time PCR identified specific fragments of *B. anthracis* DNA in two of them – in the ash, taken at the spot of the cremation of the reindeer's corpse and in the biological material from one of the unburned corpses. Pure microbial cultures of *B. anthracis* agent have been obtained from these samples. They all possessed the biological properties, typical for high virulent *B. anthracis* strains. The lethal dose (LD₅₀) for white mice turned out to be 5.8 and 6.2 spores for No 3 and No 13 isolates consequently, and the average lifetime of animals since the moment of contamination till death did not exceed 3.5 days. The genetic typing of the isolated isolates for 18 VNTR-loci of the chromosomal localization showed that their genotypes were identic to the *B. anthracis* strain Yamal-1, obtained by the experts from the branch office of the «48 Central Scientific Research Institute» of the Ministry of Defence of Russia (Kirov) from the corpse of a reindeer during the liquidation of the anthrax epizootic in the Yamal-Nenets Autonomous District in summer 2016. The coincidence of the genetic profiles of the isolated microbial cultures and *B. anthracis* strain Yamal-1 indicated one common source of their origin and the presence of the stable focus of *B. anthracis* at the territory of Yamal District. This fact needs more attention from local authorities and requires concerted attention to the epizootic and epidemiological situation in the region.

Keywords: anthrax; *Bacillus anthracis*; genetic profile; VNTR-locus.

For citation: Savinykh A.V., Pavlov D.L., Kuznetsovskiy A.V., Fomenkov O.O., Tumanov A.S., Susloparov A.A., Morozov A.S. The Results of Monitoring of Deathplaces of Animals, Died from Anthrax during the Epizootic 2016 in Yamal-Nenets Autonomous District // Journal of NBC Protection Corps. 2017. V. 1 № 3. P. 18–29.

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. Decree of the Chief State Sanitary Doctor of the Russian Federation of December 10, 2014, № 81 «Strengthening measures on the prevention of anthrax in the Russian Federation» URL: <http://www.base.garant.ru/70872824/> (in Russian).
2. Selyaninov Yu.O., Egorova I.Yu., Kolbasov D.V., Listishenko A.A. Anthrax in Yamal: reemergence causes and diagnostic issues // *Veterinary Medicine*. 2016. № 10. P. 3–7 (in Russian).
3. Shestakova I.V. Anthrax does not forgive mistakes: the information assessment following the Yamal Peninsula outbreak in the summer of 2016 // *Zhurn. infectology*. 2016. V. 8, № 3. P. 5–27 (in Russian).
4. Popova A.Yu., Demina Yu.V., Ezhlova E.B., Kulichenko A.N. et al. Outbreak of anthrax in the Yamalo-Nenets autonomous district in 2016, epidemiological peculiarities // *Probl. especially dangerous. inf.* 2016. Issue. 4. P. 42–46 (in Russian).
5. Laboratory diagnostics and the detection of the causative agent of anthrax; methodical instructions 4.2.2413-08. Moscow, 2009. 126 p. (in Russian).
6. Organization of work of laboratories using methods of amplification of nucleic acids when working with material containing microorganisms of I–IV pathogenicity groups; methodical instructions 1.3.2569-09. Moscow, 2010. 51 p. (in Russian).
7. Reagent kit «M-Sorb» for DNA and RNA extraction from clinical and environmental samples (on magnetic particles). Instructions manual. Moscow: ZAO «Syntol», 2016. 2 p. (in Russian).
8. Instructions for use «A set of reagents for isolating genomic DNA from biological material on «K-Sorb-100» columns». Moscow: ZAO «Sintol», 2016. 2 p. (in Russian).
9. Kit for the isolation and the identification of the DNA of the causative agent of anthrax by polymerase chain reaction in real time (OM-Screen-Anthrax-RV)». Instructions manual. Moscow: ZAO «Sintol», 2014. 26 p. (in Russian).
10. The device for sequence-specific nucleic acid detecting – «ANK»: Technical instruction 9443-003-04699534-2005. The institute for analytical instrumentation of the Russian Academy of Science. Moscow; 2009. 59 p. (in Russian).
11. Keim P., Prince L.B., Klevitska A.M. et al. Multiple-locus variable-number tandem repeat analysis reveals genetic relationships within *Bacillus anthracis* // *J. Bacteriol.* 2000. V. 182. P. 2928–2936.
12. Le Fleche P., Hauk Y., Onteniente L. et al. A tandem repeats database for bacterial genomes: application to the genotyping of *Yersinia pestis* and *Bacillus anthracis* // *BMC Microbiology*. 2001. V. 1 (2). P. 2180–2193.
13. Safety of work with microorganisms I-II pathogenicity groups (hazard). Sanitary rules. SP 1.3.3118-13. Moscow, 2014. 195 p. (in Russian).
14. The order of registration, storage, transfer and transportation of microorganisms of I–IV pathogenicity groups. Sanitary rules. SP 1.2.036-95. Moscow, 1995. 81 p. (in Russian).

Authors

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

Savinykh A.V. Deputy Chief of the Scientific and Research Department. Candidate of Biological Sciences.

Pavlov D.L. Senior Technical Officer of the Scientific and Research Department.

Kuznetsovskiy A.V. Chief of the Scientific and Research Branch. Candidate of Biological Sciences.

Fomenkov O.O. Chief of the Scientific and Research Department. Candidate of Biological Sciences.

Tumanov A.S. Chief of the Branch. Candidate of Medical Sciences, Associate Professor.

Scientific Research Center of the Federal State Budgetary Establishment «48 Central Scientific Research Institute» of the Ministry of Defence of the Russian Federation. Zvezdnaya street 1, Yekaterinburg 620048, Russian Federation.

Susloparov A.A. Deputy Chief of the Research Center – Chief of the Department. Candidate of Medical Sciences.

Branch Office of the Federal State Budgetary Establishment «48 Central Scientific Research Institute» of the Ministry of Defence of the Russian Federation. Zvezdnaya street 1, Yekaterinburg 620048, Russian Federation.

Morozov A.S. Chief of the Scientific and Research Department. Candidate of Technical Sciences.

Address: Pavlov Danil Leonidovich; NIC48CNII@mail.ru

Совершенствование технологии производства вакцины чумной живой

Д.А. Шаров, А.А. Лещенко, С.В. Багин, С.В. Логвинов, А.В. Ежов,
А.Г. Лазыкин, Д.А. Мохов, В.В. Крупин, А.Р. Зиганшин

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

Поступила 19.12.2016 г. Принята к публикации 30.08.2017 г.

На базе филиала 48 ЦНИИ Минобороны России (г. Киров) в рамках ФЦП «Национальная система химической и биологической безопасности Российской Федерации» была создана автоматизированная информационная система контроля производства лекарственных средств АИС КП ЛС. Система использована для усовершенствования технологии глубинного культивирования вакцины чумной живой. В работе использовали вакцинный штамм EV чумного микроба линии НИИЭГ, а также модернизированные ферментеры модели БИОР-0,25 с автоматизированной информационной системой контроля производства. Рассмотрены вопросы совершенствования технологии производства лекарственных средств. Экспериментально показана пригодность совместного использования ферментеров с автоматизированной информационной системой контроля производства лекарственных средств. Созданный аппаратный комплекс способен накапливать, систематизировать и документировать научно-техническую информацию, касающуюся анализа видов и последствий отказов измерительных систем, состояния выполнения операций, картирования процесса, формирования полученных данных для отчетов и протоколов опытов. Проведенные исследования позволили расширить технологические возможности оборудования и усовершенствовать стадию глубинного культивирования в производстве вакцины чумной живой.

Ключевые слова: автоматизированная информационная система; глубинное культивирование; вакцина чумная живая; технологический процесс.

Библиографическое описание: Шаров Д.А., Лещенко А.А., Багин С.В., Логвинов С.В., Ежов А.В., Лазыкин А.Г., Мохов Д.А., Крупин В.В., Зиганшин А.Р. Совершенствование технологии производства вакцины чумной живой // Вестник войск РХБ защиты. 2017. Т. 1. № 3. С. 30–37.

Присоединение Российской Федерации к системе европейских стандартов применительно к биопрепаратам, современный уровень развития исследований в области микробиологии, приборо-, аппаратостроения позволяют выделить автоматизацию как одно из значимых направлений совершенствования производства вакцинных технологий. Автоматизация такого рода производств обусловлена объективным ходом научно-технического прогресса, при котором посредством применения взаимосвязанной системы машин, механизмов, реак-

торов, приборов минимизируется влияние «человеческого фактора» [1]. В данном случае управление технологическим процессом проводится автоматизированной системой, которая осуществляет непрерывный мониторинг критических параметров в режиме реального времени и автоматически вносит требуемые корректировки для обеспечения стандартности процесса и продукта.

В технологиях производства вакцинных препаратов на основе живых микроорганизмов определяющим является этап глубинного выращивания микробных

культур [2]. Существовавшее до недавних пор оснащение стадии культивирования вакцинного штамма EV чумного микроба линии НИИЭГ в филиале 48 ЦНИИ Минобороны России (г. Киров) не позволяло решать вопросы сокращения доли ручного труда, повышения энергоэффективности, обеспечения надежности контроля и управления производственным процессом. В данном случае измерение технологических параметров процесса сопровождалось выполнением сопутствующих операций (к примеру, отбора проб из аппарата и их анализа в цеховой лаборатории) [3]. Такой, установленный регламентом производства, порядок значительно усложнял проведение измерений, поскольку приводил к временным затратам на получение данных о ходе процесса, давая отрывочную информацию о непрерывно культивируемой системе. Все это требовало от исследователей переосмысления существующего состояния производства и изыскания инновационных подходов, направленных на поддержание, контроль и регулирование процесса с применением современных автоматизированных систем управления. Неоспоримыми преимуществами новых подходов является их способность обеспечить:

стандартность технологического процесса получения продукта;

снижение влияния «человеческого фактора», характеризующегося максимальным числом ошибок;

повышение информативности об изготовлении каждой серии препарата (все данные, подтверждающие соблюдение технологии в пределах регламента производства вакцины надлежащего качества).

Цель работы – совершенствование способа глубинного культивирования с использованием инновационных решений в технологии производства вакцины чумной живой.

Материалы и методы

В работе использовали вакцинный штамм EV чумного микроба линии НИИЭГ.

Культивирование культуры чумного микроба проводили в аппарате-культиваторе модели БИОР-0,25 вместимостью 0,25 м³, коэффициентом заполнения 0,6, с перемешивающим устройством турбинного типа с частотой вращения от 10 до 500 об./мин.

Также была использована автоматизированная информационная система контроля производства лекарственных средств, тип АИС КП ЛС.

Оценку качества готовой формы вакцины и вспомогательного сырья проводи-

ли в соответствии с методами, изложенными в ЛП-000535 «Вакцина чумная живая, лиофилизат для приготовления суспензии для инъекций, ингаляций и накожного скарификационного нанесения».

Статистическую обработку результатов экспериментальных данных проводили в соответствии с рекомендациями [4].

Результаты и обсуждение

Отличительной особенностью процессов культивирования является тот факт, что при соблюдении, казалось бы, абсолютно одинаковых условий осуществления процесса невозможно обеспечить полностью повторяемые циклы ферментаций.

Глубинное аппаратное культивирование представляет собой взаимодействие всех систем обеспечения и ведения процесса выращивания микроорганизмов [5]. К ним следует отнести порядка восьми систем, обеспечивающих: ввод добавок; отбор проб полуфабрикатов и продукта; пеногашение; подачу воздуха и отвод газов; контроль величин давления, вакуума и температуры, значений рН и рО₂, уровня пены, оптической плотности.

Современные достижения в области техники и информационных технологий, а также теории управления производством дают возможность увязать и синхронизировать эти процессы.

На базе филиала 48 ЦНИИ Минобороны России (г. Киров) в рамках ФЦП «Национальная система химической и биологической безопасности Российской Федерации» была создана автоматизированная информационная система контроля производства лекарственных средств АИС КП ЛС. Проводимая модернизация вакцинных производств позволила решить исследовательские задачи, направленные на усовершенствование конструкции аппаратов БИОР-0,25 и оценку пригодности совместного использования ферментеров с АИС КП ЛС.

Усовершенствование конструкции модуля культивирования заключалось в изменении устройства основных элементов биореакторов, а именно – крышки и обечайки корпуса с рубашкой.

В ходе модернизации установленным порядком для сосудов, работающих под давлением, были смонтированы дополнительные устройства, позволяющие разместить порты датчиков контроля параметров процесса.

На рисунках 1 и 2 представлены модернизированный аппарат для производства вакцины чумной живой с автоматизирован-



Рисунок 1 — Модернизированные аппараты-культиваторы с автоматизированной системой контроля ведения процесса

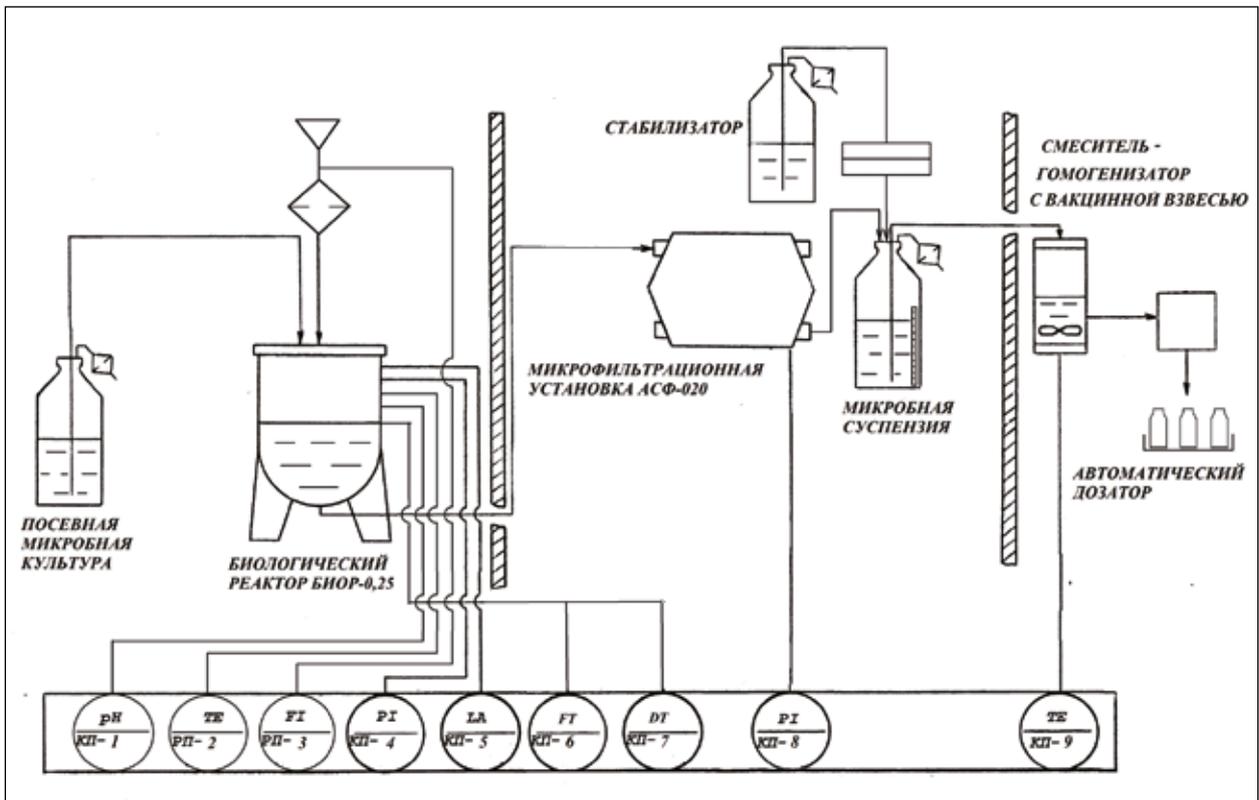


Рисунок 2 — Принципиальная схема усовершенствованной технологии получения вакцины чумной живой

Таблица 1 — Элементы автоматизированной системы непрерывного контроля и управления процессом

Наименование элемента системы	Состав элементной базы
Термостатирование	Емкость-накопитель, электронагреватель с датчиком температуры, циркуляционный насос
Ввод добавок	Четыре автоклавируемые емкости (1 л) с растворами, поддерживающими величину pH, процессы пеногашения и питания, а так же перистальтические насосы со скоростью дозирования добавок (100 об./мин)
Отбор проб полуфабрикатов и продукта	Устройство отбора проб со стерилизуемой емкостью (250 мл) и воздушным фильтром
Пеногашение	Перистальтический насос подачи пеногасителя. Асинхронный мотор-редуктор, вал с дисковым импеллером, частота вращения которого 100-1000 об./мин
Подача воздуха и отвод газов	Редуктор с ротаметром, электронный измеритель-регулятор расхода воздуха, фильтрационный модуль (0,22 мкм), а также клапанные устройства подачи воздуха в барботер и отвода конденсата
Контроль величин давления, pH, pO_2 , уровня пены и оптической плотности	Датчики величин давления, pH, pO_2 , уровня пены и оптической плотности

ной системой непрерывного управления глубинным культивированием и принципиальная схема усовершенствованной технологии.

Каждая система состоит из набора технических элементов, соединенных коммуникациями с внутренней полостью ферментеров.

Системы укомплектованы датчиками непрерывного контроля параметров ведения технологического процесса (температуры, давления, уровня пены, pH, O_2 , CO_2 , оптической плотности) [6].

Элементы системы непрерывного контроля и управления процессом представлены в таблице 1.

Из таблицы 1 следует, что выполненные усовершенствования привели к некоторому усложнению конструкции аппаратов БИОР-0,25 за счет увеличения состава элементной базы. Однако это не повлияло на надежность работы созданной системы. Комплексное опробование модуля культивирования не выявило отказов как при испытании систем в отдельности, так и биореакторов в целом. Разработанный специалистами филиала 48 ЦНИИ Минобороны России (г. Киров) алгоритм технологии глубинного культивирования в совокупности с программным обеспечением повысили управляемость процессом и дали возможность осуществлять его в режиме реального времени.

Блок управления технологией выращивания вакцинного штамма чумного микроба представлен оборудованием автоматического контроля параметров культивирования и программными средствами регулирования.

Возможности автоматического управления технологической стадией существенно облегчили задачи в плане оценки технического состояния оборудования, накопления и си-

стематизации научно-производственной информации, касающейся расчета параметров технологического процесса и показателей качества готовой и незавершенной продукции (спектротурбидиметрических, осмооптических характеристик, параметров кинетики роста), анализа видов и последствий отказов измерительных систем, состояния технологических процессов, а также документирования процесса производства и формирования отчетов/протоколов.

Результаты комплексных испытаний модуля культивирования представлены в таблице 2.

Из таблицы 2 следует, что полученные образцы глубинных культур вакцинного штамма EV чумного микроба по основным параметрам (содержанию живых микробов, водородному показателю, содержанию посторонней микрофлоры) при осуществлении процесса выращивания в автоматизированном режиме соответствуют требованиям промышленного регламента.

С целью оценки возможности использования полуфабриката на последующих технологических этапах вакцинного производства исследовалась степень зрелости микробной культуры. Достижение микробной популяции штамма EV стационарной фазы роста определили методом фазово-контрастной микроскопии (рисунок 3).

Как следует из рисунка 3а, в логарифмической фазе роста наблюдалось большое количество не разделившихся клеток со значительными размерами. Характеризующая технологическую завершенность процесса культивирования стационарная фаза роста, имеет существенно большее количество разделившихся клеток, а также минимальные различия в их размерах (рисунок 3б).

Таблица 2 — Технологические параметры выращивания и характеристики качества культур чумного микроба (штамм EV), полученные при ведении процессов в автоматизированном режиме (n=6)

Технологические параметры и характеристики качества, ед. измерения	Требования НД*	Автоматизированный режим
Продолжительность выращивания микробной взвеси, ч	27	27
Скорость вращения вала перемешивающего устройства, оборотов/мин	300	300
Объем воздуха, подаваемого для аэрации, удельный расход воздуха на 1 л культуральной жидкости, л/мин	0,2±0,02	0,2±0,01
Температура, °С	27±2	27±1
Содержание живых микробов (осмооптический метод), млрд ж.м.кл./мл	15,0 не менее	22±2
Водородный показатель, ед. рН	7,7±0,3	7,6±0,2
Содержание посторонней микрофлоры	Не допускается	Отсутствует

*НД - промышленный регламент ПР 08461522-23-14.

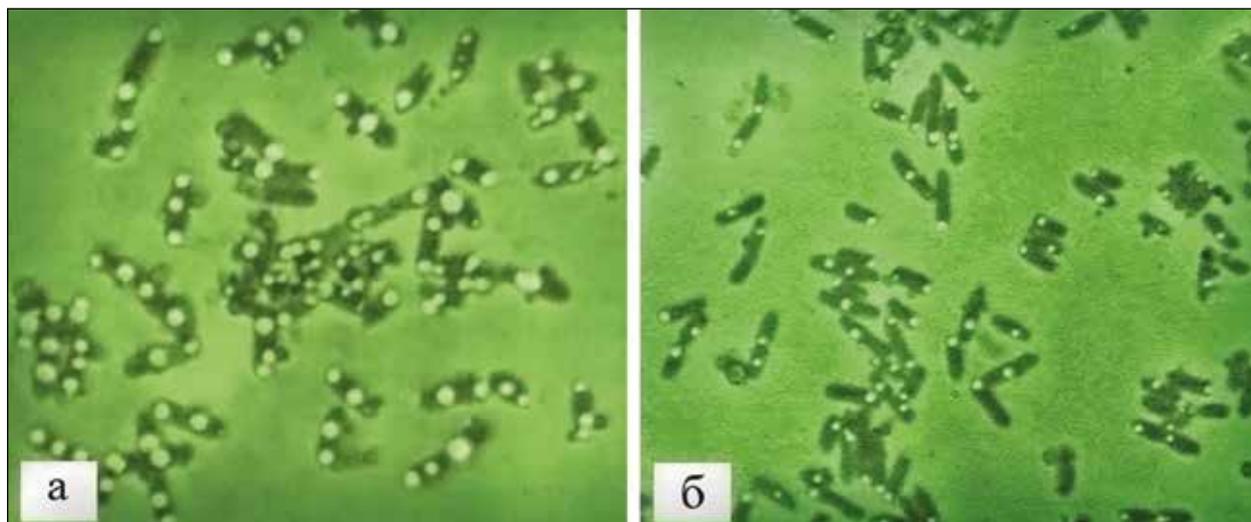
Модернизированное оборудование позволяет устойчиво поддерживать технический уровень и эффективность вакцинного производства, гарантируемые регламентом, в том числе за счет автоматизированного выполнения технологических операций. Проведенные на стадии культивирования расчеты согласно ОСТ [7] показали снижение на 7 % норм расхода энергозатрат (пар, электроэнергия), а также уменьшение величины трудозатрат на 37 %.

С использованием полученных глубинных культур были приготовлены три экспериментальные серии вакцины чумной живой сухой.

Результаты изучения биологических и физико-химических свойств экспериментальных серий представлены в таблице 3.

Как свидетельствуют результаты, представленные в таблице 3, по изученным биологическим и физико-химическим показателям экспериментальные серии вакцины чумной живой сухой соответствуют требованиям НД [8], регламентирующим ее качество.

Таким образом, проведенные исследования по модернизации аппаратов БИОР-0,25 совместно с автоматизированной информационной системой производственного контроля позволили расширить тех-

**Рисунок 3** — Фазово-контрастная микроскопия гранул формазана в бактериях вакцинного штамма EV чумного микроба линии НИИЭГ

(а - клетки глубинной культуры в логарифмической фазе роста;

б - клетки глубинной культуры в стационарной фазе роста)

Фазовый контраст, иммобилизация клеток агаровым гелем, х 1350

Таблица 3 — Характеристика вакцины чумной живой сухой

Показатель качества, единица измерения	Требования нормативной документации [8]	Результаты исследований вакцины серии ...		
		1	2	3
Описание	Пористая масса серовато-белого цвета	Пористая масса серовато-белого цвета		
Подлинность	Вакцина должна содержать чистую культуру вакцинного штамма чумного микроба	Вакцина содержит чистую культуру вакцинного штамма чумного микроба		
Время растворения, мин	В течение 3 мин. Растворенный препарат - гомогенная взвесь серовато-белого цвета без посторонних примесей и хлопьев	В течение 3 мин. Растворенный препарат - гомогенная взвесь серовато-белого цвета без посторонних примесей и хлопьев		
pH, ед.	От 6,8 до 7,4	7,2	7,3	7,1
Размер частиц	Суспензия должна свободно проходить в шприц через иглу № 0840	Суспензия свободно проходит в шприц через иглу № 0840		
Время седиментационной устойчивости, мин	5, не менее	8	7	8
Потеря в массе при высушивании, процент	4, не более	3,4	3,2	3,0
Средняя масса и однородность по массе, процент	5, не более	2,7	3,3	3,1
Отсутствие посторонних микроорганизмов и грибов	Вакцина не должна содержать посторонних микроорганизмов и грибов	Вакцина не содержит посторонних микроорганизмов и грибов		
Специфическая активность:				
Концентрация микробных клеток, м.кл.	В 1 мл ресуспендированного препарата должно содержаться от 5×10^{10} до 1×10^{11}	$6,5 \times 10^{10}$	$7,0 \times 10^{10}$	$7,0 \times 10^{10}$
Процент живых микробных клеток	25, не менее	31,9	29,4	30,3
Иммуногенность*	Вакцина должна быть иммуногенной	Вакцина иммуногенна		
Термостабильность, сутки	4, не менее	5,1	6,0	5,4
*Примечание. Показатель иммуногенности определяли биологическим методом по величине ED ₅₀ для морских свинок и белых мышей.				

нологические возможности оборудования и усовершенствовать стадию глубинного выращивания культур вакцинного штамма EV чумного микроба линии НИИЭГ. Это, прежде всего, касается снижения энерго-, трудозатрат (на 7 и 37 %), а также способности созданного аппаратного комплекса нака-

пливать, систематизировать и документировать научно-техническую информацию в отношении анализа видов и последствий отказов измерительных систем, состояния выполнения операций, картирования процесса, формирования экспериментальных данных для отчетов и протоколов опытов.

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. Селевцов Л.И. Автоматизация технологических процессов. М.: Академия, 2014. 352 с.
2. Туманов Ю.В., Болдырев А.Н., Аутеншлюс А.И. Медицинская биотехнология: диагностика заболеваний и создание лекарственных препаратов. Новосибирск.: НГТУ, 2016. 214 с.
3. Патент РФ на изобретение 2510825 (2013).
4. Лакин Г. Ф. Биометрия. М.: Высшая школа; 1990
5. Безбородов А.М., Загустина Н.А., Попов В.О. Ферментативные процессы в биотехнологии. М.: Наука, 2008. 335 с.
6. Руководство по эксплуатации и обслуживанию фармацевтического оборудования. URL: <http://www.Biotechno.ru/2016/catalog/87.html/>.
7. ОСТ 64-02-003-2002. Продукция медицинской промышленности. Технологические регламенты производства. Содержание, порядок разработки, согласования и утверждения. Введены 15.04.2003. М., 2003.
8. Фармакопейная статья предприятия ЛП-000535 «Вакцина чумная живая, лиофилизат для приготовления суспензии для инъекций, ингаляций и кожного скарификационного нанесения». Введ. 12.05.2011.

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.

Шаров Дмитрий Александрович. Начальник научно-исследовательского отдела, канд. техн. наук.

Лещенко Андрей Анатольевич. Ведущий научный сотрудник научно-исследовательского отдела, д-р техн. наук, проф.

Багин Сергей Валерьевич. Научный сотрудник научно-исследовательского отдела, канд. техн. наук.

Логвинов Сергей Владимирович. Научный сотрудник научно-исследовательского отдела, канд. биол. наук.

Ежов Андрей Владимирович. Старший научный сотрудник научно-исследовательского отдела, д-р мед. наук.

Лазыкин Алексей Геннадьевич. Старший научный сотрудник научно-исследовательского отдела, канд. биол. наук.

Мохов Дмитрий Александрович. Научный сотрудник научно-исследовательского отдела, канд. биол. наук.

Крупин Владимир Викторович. Заместитель начальника научно-исследовательского отдела, канд. биол. наук.

Зиганшин Андрей Ренатович. Старший научный сотрудник научно-исследовательского отдела.

Адрес для переписки: NIC48CNII@mail.ru

The Improvement of Live Plaque Vaccine Production Technology

D.A. Sharov, A.A. Leshchenko, C.V. Bagin, S.V. Logvinov, A.V. Ezhov,

A.G. Lazykin, D.A. Mokhov, V.V. Krupin, A.R. Ziganshin

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

The article is dedicated to the possible improvement of the production technology of live plaque vaccines. The automated information system (AIS) of the control of the production of pharmaceuticals has been elaborated in the branch office of the «48 Central Scientific Research Institute» of the Ministry of Defence of Russia (Kirov) within the framework of the federal target program «The National System of Chemical and Biological Security of the Russian Federation». The AIS has been used for the improvement of the technology of submerged cultivation of live plaque vaccine. Strain EV, line NIIEG, as well as the upgraded fermenter BIOR-0,25 with the AIS of the control of

the production have been used in this work. The problems of the improvement of the production technology of pharmaceuticals have been studied. The possibility of shared use of the fermenters and AIS of the control of the production of pharmaceuticals has been proven experimentally. This hardware system can accumulate, systemize and record scientific and technical information about all the operations. The above-mentioned studies allow to enhance the technological capabilities of the equipment and to improve the stage of the submerged cultivation in the production of live plaque vaccine.

Keywords: automated information system; submerged cultivation; live plaque vaccine; technological process.

For citation: Sharov D.A., Leshchenko A.A., Bagin C.V., Logvinov S.V., Ezhov A.V., Lazykin A.G., Mokhov D.A., Krupin V.V., Ziganshin A.R. *The Improvement of Live Plaque Vaccine Production Technology // Journal of NBC Protection Corps.* 2017. V. 1 № 3. P 30–37.

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. Selevtsov L.I. Automation of technological processes. Moscow: Academy, 2014. 352 p. (in Russian).
2. Tumanov Yu.V., Boldyrev A.N., Autenshlyus A.I. Medical Biotechnology: diagnostics of diseases and the creation of pharmaceuticals. Novosibirsk: Publ. NSTU, 2016. 214 p. (in Russian).
3. Patent RF 2510825 (2013) (in Russian).
4. Lakin G.F. Biometrics. Moscow: Higher School, 1990 (in Russian).
5. Bezborodov A.M., Zagustina N.A., Popov V.O. Enzymatic processes in biotechnology. Moscow: Nauka, 2008. 335 p. (in Russian).
6. Operation and maintenance of pharmaceutical equipment. Manual. URL: <http://www.Biotechno.ru/2016/catalog/87.html> (in Russian).
7. OST 64-02-003-2002. Medical industry products. Technological regulations of the production. The contents, the order of development, coordination and approval. Introd. 15.04.2003. Moscow, 2003 (in Russian).
8. Pharmacopeial article of the enterprise LP-000535 «Live plaque vaccine, lyophilizate for the production of the suspension for injections, inhalations and dermal scarifying application» (in Russian). Introd. 12.05.2011.

Authors

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

Sharov D.A. Chief of the Scientific and Research Department. Candidate of Technical Sciences.

Leshchenko A.A. Leading Researcher of the Scientific and Research Department. Doctor of Technical Sciences, Professor.

Bagin C.V. Researcher of the Scientific and Research Department. Candidate of Technical Sciences.

Logvinov S.V. Researcher of the Scientific and Research Department. Candidate of Biological Sciences.

Ezhov A.V. Senior Researcher of the Scientific and Research Department. Doctor of Medical Sciences, Senior Researcher.

Lazykin A.G. Senior Researcher of the Scientific and Research Department. Candidate of Biological Sciences.

Mokhov D.A. Researcher of the Scientific and Research Department. Candidate of Biological Sciences.

Krupin V.V. Deputy Head of the Scientific and Research Department. Candidate of Biological Sciences.

Ziganshin A.R. Senior Researcher of the Scientific and Research Department.

Address: NIC48CNII@mail.ru

Комплекс многофункциональный мобильный модульный для анализа патогенных биологических материалов (агентов)

М.В. Супотницкий

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

Поступила 01.03.2017 г. Принята к публикации 05.04.2017 г.

Комплекс многофункциональный мобильный модульный для анализа патогенных биологических материалов (агентов) (МКА ПБА) и поддержки принятия решений оперативных групп Минобороны России, действующих в чрезвычайных ситуациях биологического характера, разработан в рамках федеральной целевой программы «Национальная система химической и биологической безопасности Российской Федерации (2009–2013 гг.)». Разработчик – открытое акционерное общество «Научно-производственное объединение «Транском». Военно-научное сопровождение осуществляло федеральное государственное бюджетное учреждение «48 Центральный научно-исследовательский институт» Министерства обороны Российской Федерации. Комплекс обеспечивает жизнеобеспечение экипажа в течение 14 суток автономной работы. Приборная база комплекса позволяет выявлять и идентифицировать до 25 возбудителей инфекционных болезней: чумы, сибирской язвы, сапа, мелиоидоза, холеры, брюшного тифа, бруцеллеза, легионеллеза, туляремии, ортопоксвирусных инфекций, лихорадки Ку, бешенства, лихорадки долины Рифт, венесуэльского энцефалита лошадей, лихорадки Марбург, лихорадки Эбола, лихорадки Ласса, лихорадки Мачупо, лихорадки Западного Нила, геморрагической лихорадки с почечным синдромом, Крымской-Конго геморрагической лихорадки, лихорадки Денге, желтой лихорадки, японского энцефалита и клещевого энцефалита. В условиях отсутствия стационарной рабочей базы МКА ПБА обеспечивает требования санитарно-эпидемиологических правил СП 1.3.3118-13 «Безопасность работы с микроорганизмами I–II групп патогенности (опасности)». Количество проб, в которых комплекс МКА ПБА позволяет обнаружить патогенные биологические агенты одновременно, составляет не менее 20 с вероятностью 0,95. Продолжительность предварительного прогнозирования и оценки биологической обстановки в районе чрезвычайной ситуации – не более 15 минут. Предполагаемый срок службы комплекса МКА ПБА – 12 лет.

Ключевые слова: биологическая обстановка; выявление биологических агентов; идентификация биологических агентов; микроорганизмы I–II групп патогенности; бешенство; лихорадка Эбола; мелиоидоз; сап; туляремия; чума; сибирская язва, чрезвычайная ситуация.

Библиографическое описание: Супотницкий М.В. Комплекс многофункциональный мобильный модульный для анализа патогенных биологических материалов (агентов) // Вестник войск РХБ защиты. 2017. Т. 1. № 3. С. 38–50.

Основой технического обеспечения специальных подразделений войск радиационной, химической и биологической защиты Вооруженных Сил Российской Федерации биологического профиля являются¹:

- мобильные лабораторные комплексы, позволяющие проводить биологическую разведку и выявление биологических агентов с соблюдением требований защиты личного состава расчета и окружающей среды;

- комплекты приборов и средств специфической индикации возбудителей особо опасных и опасных инфекционных заболеваний бактериальной и вирусной природы.

Мобильные комплексы и комплекты приборов данного предназначения постоянно совершенствуются. Поэтому целью данной работы является общее ознакомление специалистов войск РХБ защиты с Комплексом многофункциональным мобильным модульным для анализа патогенных биологических материалов (агентов) и поддержки принятия решений оперативных групп Минобороны России, действующих в чрезвычайных ситуациях биологического характера (МКА ПБА), а также Комплектом молекулярно-биологических тест-систем для выявления, идентификации и генетиче-

ского типирования патогенных биологических агентов (КМТС).

МКА ПБА разрабатывался в течение 2011–2013 гг. в рамках федеральной целевой программы «Национальная система химической и биологической безопасности Российской Федерации (2009–2013 гг.)»

Разработчик – открытое акционерное общество «Научно-производственное объединение «Транском».

Военно-научное сопровождение осуществляло федеральное государственное бюджетное учреждение «48 Центральный научно-исследовательский институт» Министерства обороны Российской Федерации.

Комплекс состоит следующих модулей: модуль подготовки проб и иммуноферментного анализа (модуль МИФА);

модуль ПЦР (полимеразной цепной реакции), анализа и генотипирования (модуль МПГ);

модуль обработки информации (модуль МОИ);

машина биологической разведки (машина МБР).

Модульный состав МКА ПБА представлен на рисунке 1. На рисунках 2 и 3 показаны схемы электропитания и связи МКА ПБА.

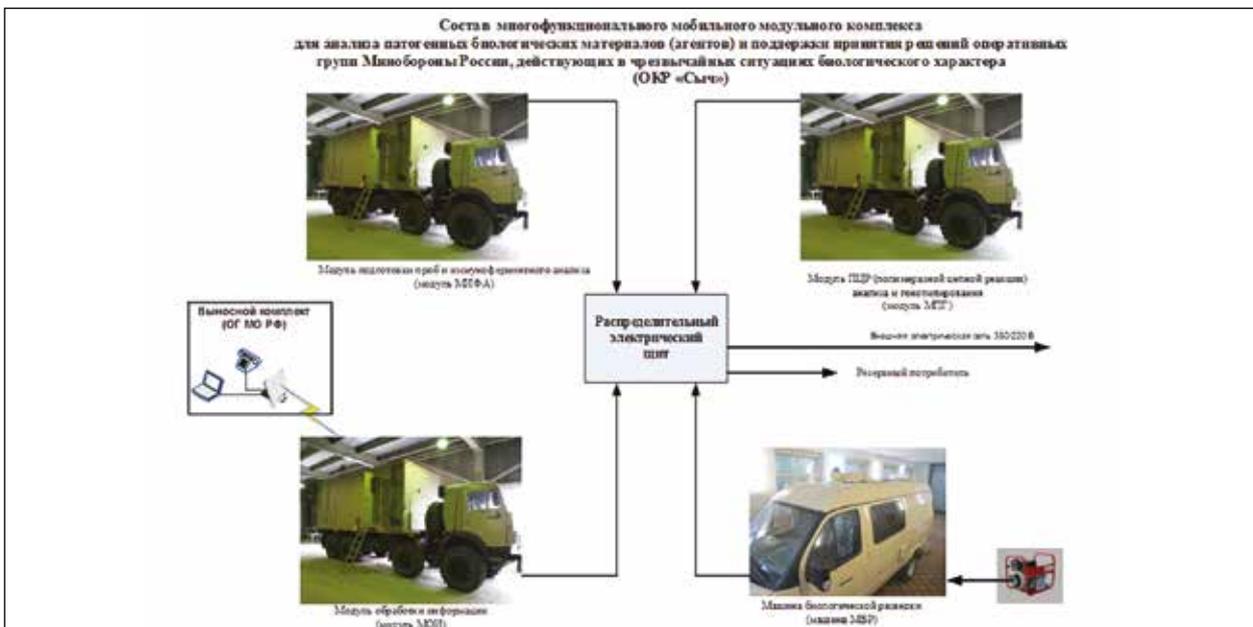


Рисунок 1 — Модульный состав МКА ПБА

¹ Материал подготовлен на основе докладов начальника научно-исследовательского управления федерального государственного бюджетного учреждения «48 Центральный научно-исследовательский институт» Министерства обороны Российской Федерации, полковника мед. службы А.В. Ковальчука, председателя совета директоров ОАО «Транском» С.П. Засыпкина и директора федерального государственного бюджетного учреждения «Институт аналитического приборостроения» Российской Академии наук (ИАП РАН), профессора, д-ра техн. наук В.Е. Курочкина, представленных на круглом столе «Разработка и производство инновационных средств специфической индикации биологических агентов», организованном 15.09.2015 г. Министерством обороны Российской Федерации в конгрессно-выставочном центре комплекса Военно-патриотического парка культуры и отдыха ВС РФ «Патриот» (г. Кубинка Московской обл.).

Комплекс МКА ПБА позволяет:
автономно в условиях отсутствия стационарной лабораторной базы проводить работы по выявлению возбудителей особо опасных и опасных инфекционных заболеваний современными экспрессными методами;

обеспечивать при проведении работ с возбудителями особо опасных и опасных инфекционных заболеваний защиту персонала и окружающей среды в соответствии с требованиями санитарно-эпидемиологических правил СП 1.3.1285-03 «Безопасность работы с микроорганизмами I–II групп патогенности (опасности)»;

проводить прогнозирование и оценку биологической обстановки с использованием специального программного обеспечения и современных геоинформационных систем;

обеспечивать связь с центральным пунктом управления начальника войск РХБ защиты ВС РФ из любой точки Земли по системе спутниковой связи. Он также обладает возможностью радиосвязи и подключения к любым видам наземной связи;

обеспечивать жизнеобеспечение экипажа в течение 14 суток автономной работы.

Модуль МИФА предназначен для: проведения пробоподготовки, предварительного экспресс-анализа биологиче-

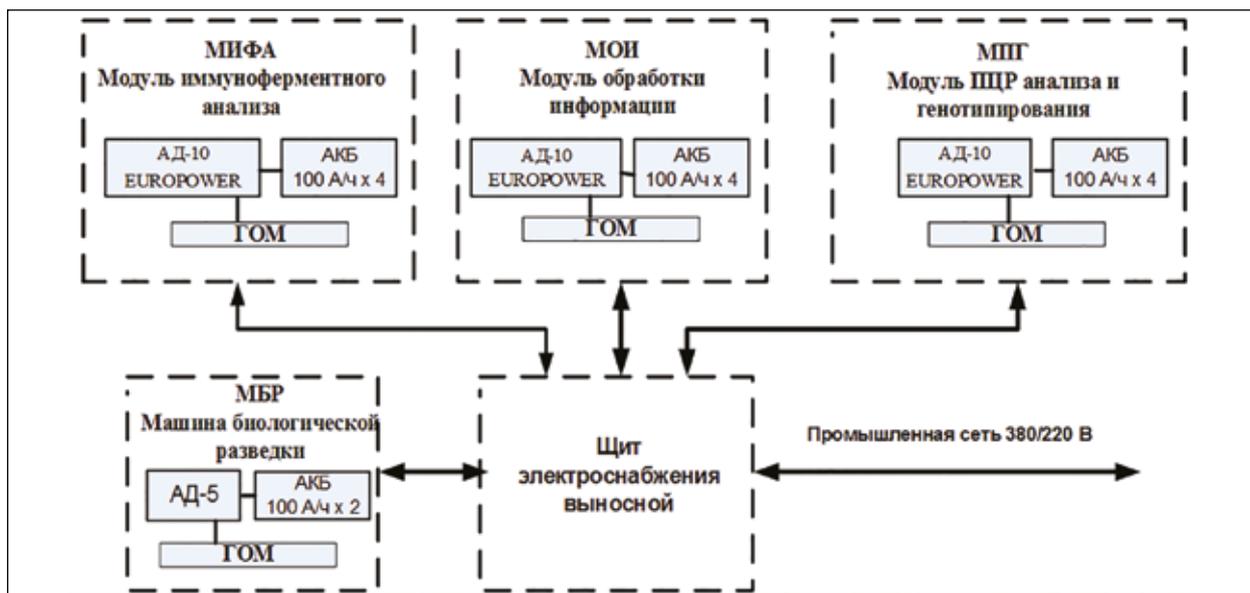


Рисунок 2 — Структурная схема электропитания МКА ПБА

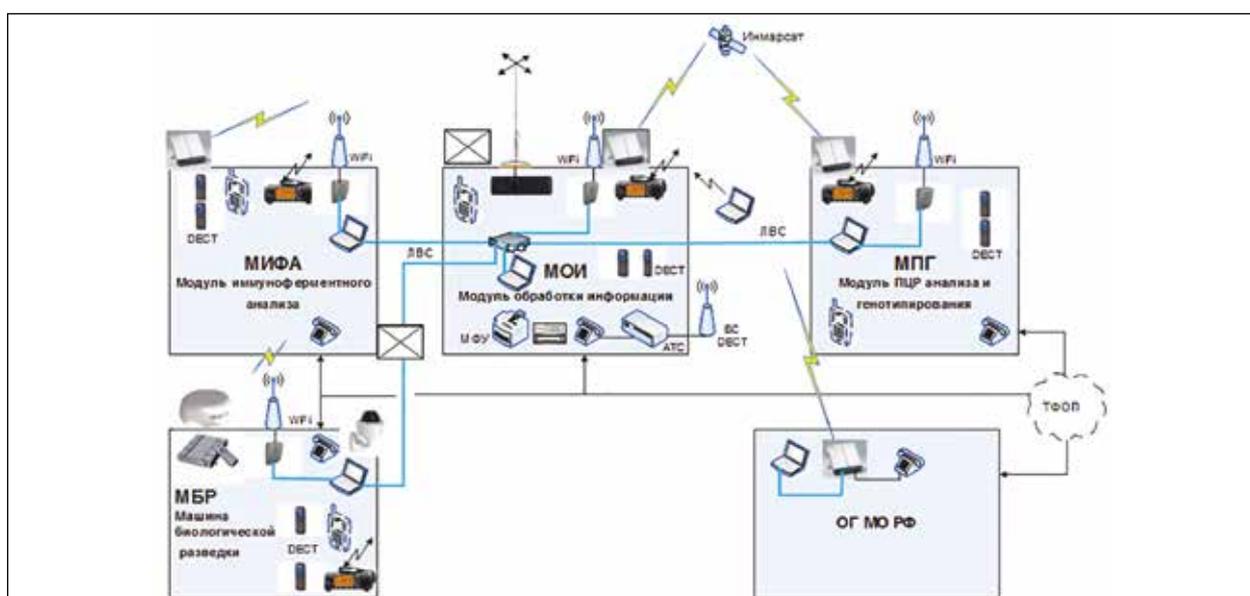


Рисунок 3 — Структурная схема связи МКА ПБА



Рисунок 4 — «Заразный» отсек модуля МИФА (А – «Заразный» отсек. Вид со стороны «чистого» отсека. Боксы биологической безопасности 3 класса защиты. Б – HEPA фильтры, Транс-иллюминатор, передаточный шлюз бокса биологической безопасности 3 класса защиты)



Рисунок 5 — Рабочие места и боксы модуля МИФА (1 – Рабочее место для проведения микроскопирования. 2 – Передаточный шлюз, холодильник для хранения наборов реагентов. 3 – Бокс биологический 3 класса защиты с приборами для проведения анализа методом ПЦР. 4 – Бокс биологический 3 класса защиты с приборами для проведения анализа методом ИФА)



Рисунок 6 — Система вентиляции модуля МИФА для обеспечения безопасности при проведении работ с патогенными биологическими агентами (1 – HEPA фильтры. 2 – Приточная вентиляция. 3 – Пульт управления системой вентиляции, отопления и кондиционирования. 4 – Вытяжная вентиляция)

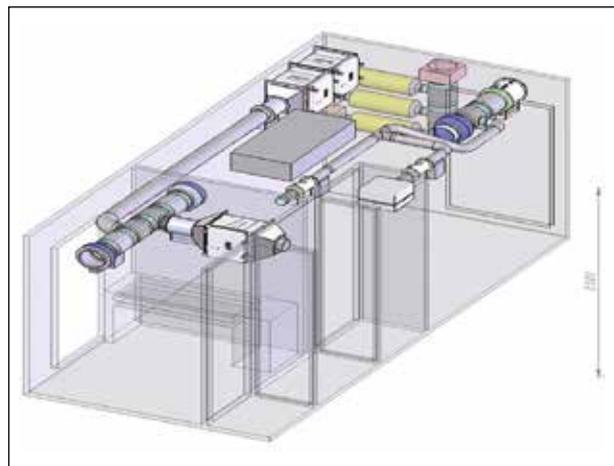


Рисунок 7 — Система воздухоподготовки модулей МИФА и МПП в модуле-контейнере

В зависимости от поставленной задачи модуль МИФА может выполнять свои функции как в составе комплекса МКА ПБА, так и автономно без снижения эффективности. На рисунках 4–7 представлено внутреннее устройство модуля.

Модуль МПП предназначен для: проведения пробоподготовки, предварительного экспресс-анализа биологических проб и проб из объектов окружающей среды, анализа БПА I–II групп патогенности методом ПЦР в соответствии с требованиями санитарных правил СП 1.3.1285-03 «Безопасность работы с микроорганизмами I–II групп патогенности (опасности)».

ских проб и проб из объектов окружающей среды, анализа патогенных биологических агентов I–II групп патогенности методом ИФА, обогащение проб и безопасного хранения образцов проб в соответствии с требованиями Санитарных правил СП 1.3.1285-03 «Безопасность работы с микроорганизмами I–II групп патогенности (опасности)».



Рисунок 8 — Модуль МПГ
(А – Рабочее место для проведения анализа методом ПЦР-РВ. Б – Бокс биологической безопасности 3 класса с передаточным устройством, автоклав-стерилизатор автоматический)



Рисунок 9 — Приборная база модуля МПГ
(1 – Приборы для проведения анализа методом ПЦР-РВ. 2 – Бокс биологический 3 класса защиты с приборами для проведения анализа методом ПЦР. 3 – Холодильник WAECO для хранения наборов реагентов. 4 – Транс-иллюминатор для регистрации результатов ПЦР, передаточный шлюз бокса)



Рисунок 10 — Модуль МПГ
(А – Передаточный шлюз между «чистым» и «заразным» отсеками с автоматической системой дезинфекционной обработки. Б – Санитарный пропускник, оснащенный герметичными дверями, воздушными тамбурами, душем и системой химической обработки стоков)

В зависимости от поставленной задачи модуль МПГ может выполнять свои функции как в составе комплекса МКА ПБА, так и автономно без снижения эффективности.

Модуль МПГ смонтирован в кузове-контейнере КК6.2 на шасси автомобиля КамАЗ-6350.

Конструктивно модуль МПГ состоит из четырех отсеков:

грузового отсека, в котором размещаются средства электроснабжения, вентиляции, кондиционирования и отопления;

«чистого» отсека для приема отобранных проб, их регистрации и передачи в условно «заразный» отсек через передаточный шлюз для исследований. В «чистом» отсеке размещено оборудование управления и контроля за работой систем электроснабжения, вентиляции, отопления;

санпропускника, состоящего из отделения для снятия (хранения) повседневной (рабочей) одежды, душевой кабины и отделения для переодевания в одноразовую одежду;

условно «заразного» отсека с двумя рабочими местами для проведения исследований.

Предусмотрена возможность эксплуатации модуля МПГ как с установкой на грунт, так и с платформы носителя. Устройство модульных отсеков показано на рисунках 8–11.

Модуль МОИ предназначен для:

организации сетей автоматической телефонной связи, передачи данных, радио и спутниковой связи в месте развертывания комплекса;

проведения предварительного прогнозирования и оценки биологической обстановки в районе чрезвычайной ситуации;

сбора, обобщения, анализа информации о биологической обстановке и ее передачи оперативной группе Минобороны России, командованию (руководящему составу) штаба ликвидации последствий чрезвычайной ситуации.

В зависимости от поставленной задачи модуль МОИ может выполнять свои функ-



Рисунок 11 — Дизельная электростанция «Вепрь» модуля МПГ в походном (А) и рабочем положении (Б)



Рисунок 12 — Подвижный пункт управления комплекса МКА ПБА, расположенный в модуле МОИ

ции как в составе комплекса МКА ПБА, так и автономно без снижения эффективности.

Модуль МОИ может использоваться и как мобильный пункт управления начальника войск РХБ защиты ВС РФ при ликвидации чрезвычайных ситуаций биологического характера.

Модуль МОИ смонтирован в кузове-контейнере КК6.2 на шасси автомобиля КамАЗ-6350.

Конструктивно модуль МОИ состоит из четырех отсеков:

грузовой отсек, в котором размещаются средства электроснабжения, кондиционирования и отопления;

отсек для обработки информации, в котором размещены сервер для сбора, обработки и хранения информации о биологической обстановке и ее визуализации, автоматическая телефонная станция, УКВ радиоретранслятор, телефоны полевой и стационарный для связи с другими модулями комплекса МКА ПБА;

отсек для разработки и оформления отчетных документов, отдыха и приема пищи экипажами комплекса;

бытовой отсек (биотуалет с душевой кабиной, места для размещения сутодач, питьевой воды и личных вещей расчета, микроволновая печь и электроплитка для приготовления пищи, пылесос).

Предусмотрена возможность эксплуатации модуля МОИ как с установкой на грунт, так и с платформы носителя. Устройство отсеков модулей МОИ показано на рисунках 12–15.

Оснащение модуля МОИ:

автомобиль КамАЗ-6350 с кузовом-контейнером КК6.2;



Рисунок 13 — Оснащение модуля МОИ (1 – Автоматизированное рабочее место начальника модуля МОИ. 2 – Блок управления электропотребителями. 3 – Кабельный ввод, пульт управления климатической установкой. 4 – Станция спутниковой связи Инмарсат BGAN Explorer 700)

автоматизированное рабочее место начальника модуля с общим и специальным программным обеспечением;

компьютер (ноутбук) – 2 комплекта;

станция спутниковой связи Инмарсат BGAN Explorer 700 – 2 комплекта;

IP-АТС Avaya IP Office 500;

базовая станция DECT R4 с внешней антенной DECT;

коммутатор FastEthernet Zyxel ES-116P;

мачта антенная телескопическая;

УКВ-ретранслятор ICOM IC-FR5000;

автомобильная УКВ радиостанция ICOM IC-F5061;

портативная УКВ радиостанция ICOM IC-F16;



Рисунок 14 — Отсек модуля МОИ, предназначенный для анализа информации, разработки и оформления отчетных документов, отдыха и приема пищи экипажами комплекса



Рисунок 15 — Бытовой отсек модуля МОИ (А – Гигиенический душ, биотуалет. Б – Место для приготовления пищи (водонагреватель, микроволновая печь, раковина))



Рисунок 16 — Внешний вид машины МБР и размещение навесного оборудования (1 – Штанга воздухозаборника детектора аэрозолей ИВАС. 2 – Антенна станции спутниковой связи Инмарсат BGAN Explorer 727. 3 – Обзорная камера видеонаблюдения AXIS Q6032-E. 4 – Кондиционер)

портативный GPS/Глонасс навигатор Garmin eTrex 30 в комплекте с цифровыми картами местности;

телефон АТС беспроводный Avaya DECT 3720 HANDSET – 2 комплекта;

телефон АТС Avaya IP 1603-I BLK;

точка радиодоступа WiFi с внешней антенной;

переговорное устройство «Отсек для обработки информации – отсек для анализа информации».

Машина биологической разведки МБР предназначена для:

обеспечения сбора и передачи информации о биологической обстановке;

проведения биологической разведки;

отбора биологических проб из аэрозоля и объектов внешней среды;

проведения экспресс-анализа отобранных проб методами детектирования, ИФА, ПЦР (электрофореза) и ПЦР-РВ;

транспортирования отобранных проб в модули МИФА и МПГ для их углубленного анализа;

выполнения требований по назначению при работе как в составе комплекса МКА ПБА, так и при использовании отдельно.

Внешний вид машины МБР показан на рисунке 16.

Конструктивно машина МБР состоит из: технологического отсека, в котором размещаются средства связи, электроснабжения, вентиляции, кондиционирования и отопления;

рабочего отсека, в котором размещаются оборудование для отбора проб, тесты для экспрессного выявления вида возбудителя в нативной пробе иммунохимическим методом и методами ПЦР, ПЦР-РВ анализа, комплект средств анализа проб, термоконтейнер, средства индивидуальной защиты персонала, медицинская аптечка, ноутбук, технические средства дезобработки, возимый запас дезинфектантов.

В кабине водителя размещена мобильная УКВ радиостанция для обеспечения связи при совершении марша.

МБР оснащена обзорной видеокамерой для проведения оперативной съемки в месте проведения работ и видеорегистрации маршрута движения с возможностью формирования видеоархива и передачи видеoinформации в режиме реального времени в модуль обработки информации (МОИ) комплекса МКА ПБА или Оперативной группе МО РФ.



Рисунок 17 — Рабочее место начальника машины МБР

(1 – Кондиционер. 2 – Станция спутниковой связи Инмарсат BGAN Explorer 727. 3 – Микроволновая печь. 4 – Ноутбук)

Для обеспечения голосовой связи, передачи данных и видеoinформации с должностными лицами комплекса МКА ПБА и оперативной группой МО РФ машина МБР оснащена станцией спутниковой связи Инмарсат BGAN Explorer 727 с автонаведением на спутник с возможностью организации связи в движении.

МБР обеспечивает определение границ зон биологического заражения и проведение работ по отбору проб из аэрозоля и объектов окружающей среды в районе чрезвычайной ситуации биологического характера.

МБР оснащена комплектом оборудования и принадлежностей для проведения первоначального экспресс-анализа и выявления ПБА непосредственно в районе чрезвычайной ситуации биологического характера методами детектирования, ПЦР, ПЦР-РВ, а также оборудованием и принадлежностями для транспортировки проб на исследовательские модули МИФА и МПГ с соблюдением режимов термостабилизации.

Отбор проб экипажем машины МБР осуществляется с одновременной фиксацией географических координат проводимых работ и объектов с использованием портативного GPS/Глонасс терминала и оперативным доведением данной информации в реальном времени до командования (оперативной группы Минобороны России) и сервера базы данных биологической обстановки модуля МОИ по каналам радио, спутниковой и мобильной связи. МБР смонтирована в кузове автомобиля повышенной проходимости ГАЗ-57057 (Газель).

Электропитание машины МБР обеспечивается:



Рисунок 18 — Оборудование рабочего места начальника машины МБР

(1 – Ноутбук для обработки информации. 2 – Средства спутниковой, телефонной и радиосвязи. 3 – Блок автоматической защиты и распределения БАЗР-ЗУ-БР. 4 – Пульт управления отопителем Eberspaecher airtronic d 4)



Рисунок 19 — Оборудование машины МБР (1 – Сигнализатор биологических угроз в режиме реального времени ИВАС. 2 – Анализатор нуклеиновых кислот АНК-32. 3 – Пробоотборник аэрозолей BioCapture 650. 4 – Холодильник «IndelB» для хранения наборов реагентов)

в движении – от генератора отбора мощности от двигателя автомобиля и обслуживаемых гелевых аккумуляторных батарей;

на стоянке – от промышленной сети переменного напряжения 220/380 В или собственной дизельной электростанции мощностью 5 кВт «Вебрь» АДП 5-230 ВЯ-БС

Устройство машины МБР показано на рисунках 17–21.

Основные технические характеристики комплекса МКА ПБА приведены в таблице 1.

Комплект молекулярно-биологических тест-систем для выявления, идентификации



Рисунок 20 — Оборудование рабочего отсека машины МБР
(1 – Сигнализатор биологических угроз в режиме реального времени ИВАС. 2 – Анализатор нуклеиновых кислот АНК-32. 3 – Ноутбук)



Рисунок 21 — Оборудование машины МБР
(1 – Кофр с приборами и оборудование для анализа проб методами ПЦР и ПЦР-РВ. 2 – Модульный тактический коллектор С100. 3 – Прибор автономный бортовой для специальной обработки ДК-4. 4 – Пробоотборник аэрозолей BioCapture 650. 5 – Противогазы. 6 – Приборы и оборудование для электрофореза (при анализе проб методом ПЦР). 7 – Костюмы защитные «Корунд-2». 8 – Электростанция дизельная мощностью 5 кВт «Вебрь» АДП 5-230 ВЯ-БС. 9 – Комплект отбора проб. 10 – Термоконтейнер для хранения и доставки проб с герметичными контейнерами для проб)



Рисунок 22 — Состав комплекта КМТС
(1 – КСП КТВИ (Комплект средств применения КТВИ). 2 – КСП КТГТ (Комплект средств применения КТГТ). 3 – Комплект КТВИ (Тест-системы ПЦР-РВ). 4 – Комплект КТГТ (Тест-системы генотипирования))



Рисунок 23 — Прибор АНК-32 для ПЦР-РВ (А – прибор в кейсе. Б – прибор на столе)

и генетического типирования патогенных биологических агентов (КМТС) создан в федеральном государственном бюджетном учреждении науки «Институт аналитического приборостроения» Российской Академии наук (ИАП РАН) в рамках ФЦП «Национальная система химической и биологической безопасности Российской Федерации (2009–2014 гг.), а также в интересах Министерства обороны Российской Федерации. Комплект состоит из четырех составляю-

Таблица 1 — Основные технические характеристики комплекса МКА ПБА

Характеристика	Значение характеристики
<i>Концентрация патогенных биологических агентов, выявление которых обеспечивает комплекс МКА ПБА:</i>	
<i>модуль МИФА бактерий, вирусов, риккетсий, уе/мл, не менее токсинов, нг/мл, не менее</i>	$1,0 \times 10^3$ 500
<i>модуль МПГ бактерий, вирусов, риккетсий, уе/мл, не менее токсинов, нг/мл, не менее</i>	$1,0 \times 10^3$ 500
<i>машина МБР бактерий, вирусов, риккетсий, уе/мл, не менее токсинов, нг/мл, не менее</i>	$1,0 \times 10^3$ 500
<i>Продолжительность анализа комплексом МКА ПБА проб на наличие патогенных биологических агентов, мин, не более:</i>	
<i>модуль МИФА</i>	150
<i>модуль МПГ</i>	90
<i>машина МБР</i>	45
<i>Количество проб, в которых комплекс МКА ПБА обеспечивает выявление патогенных биологических агентов одновременно, шт., не менее</i>	
<i>модуль МИФА</i>	20
<i>модуль МПГ</i>	20
<i>модуль МПГ</i>	20
<i>Количество проб, в которых комплекс МКА ПБА обеспечивает выявление патогенных биологических агентов в одни сутки, шт/сут, не менее</i>	
	180
<i>Вероятность выявления патогенных биологических агентов комплексом МКА ПБА, доля, не менее</i>	
	0,95
<i>Продолжительность проведения предварительного прогнозирования и оценки биологической обстановки в районе чрезвычайной ситуации расчетом модуля МОИ и передачи информации вышестоящему командованию, мин., не более</i>	
	15
<i>Скорость ведения биологической разведки машиной МБР, км/ч, не менее</i>	
	30
<i>Запас хода по топливу на основных топливных баках, км, не менее</i>	
	500
<i>Время подготовки комплекса МКА ПБА к работе, ч, не более</i>	
	1
<i>Продолжительность автономной работы комплекса МКА ПБА, сут, не менее</i>	
	14
<i>Расчет комплекса МКА ПБА, чел.</i>	
<i>модуль МОИ</i>	3
<i>модуль МИФА</i>	3
<i>модуль МПГ</i>	3
<i>машина МБР</i>	3
<i>Интервал рабочих температур, °С</i>	
	от минус 40 до 40
<i>Срок службы набора реагентов и тест-систем комплекса МКА ПБА, лет</i>	
	1
<i>Срок службы комплекса МКА ПБА, лет</i>	
	12
<i>Примечание.</i>	
<i>Уе – условные единицы.</i>	

щих (КСП КТВИ, КТВИ, КСП КТГТ, КТГТ) и обеспечивает выявление, идентификацию и генетическое типирование возбудителей особо опасных и опасных инфекционных заболеваний.

Комплект КТВИ позволяет транспортировать тест-системы, проводить выявление и идентификацию возбудителей особо опасных и опасных инфекционных заболеваний бактериальной и вирусной природы мето-

дом ПЦР-РВ с использованием комплекта КСП КТВИ.

Комплект КТВИ осуществляет поставку не менее 40 реакций выявления и идентификации методом ПЦР-РВ для каждого возбудителя.

В состав комплекта КТВИ входят 17 тест-систем для выявления и идентификации методом ПЦР-РВ 25 возбудителей: чумы, сибирской язвы, сапа, мелиоидоза, холеры, брюшно-

го тифа, бруцеллеза, легионеллеза, туляремии, ортопоксвирусных инфекций, лихорадки Ку, бешенства, лихорадки долины Рифт, венесуэльского энцефалита лошадей, лихорадки Марбург, лихорадки Эбола, лихорадки Ласса, лихорадки Мачупо, лихорадки Западного Нила, геморрагической лихорадки с почечным синдромом, Крымской-Конго геморрагической лихорадки, лихорадки Денге, желтой лихорадки, японского энцефалита и клещевого энцефалита. Состав комплекта КМТС показан на рисунках 22, 23.

По мнению профессора В.Е. Курочкина, дальнейшая модернизация комплекта КМТС позволит в кратчайшие сроки с минимальными затратами разработать комплект приборов и оборудования, который может быть смонтирован на различные автомобильные шасси. Использование унифицированного комплекта приборов, оборудования и наборов реагентов позволит создать линейку мобильных комплексов специфической индикации биологических агентов как гражданского, так и военного назначения, что снизит себестоимость изделия и позволит максимально внедрить его в практику Вооруженных Сил и гражданского здравоохранения Российской Федерации.

Информация о конфликте интересов

Автор заявляет об отсутствии у него любых научных, коммерческих или других отношений с разработчиками данной техники, которые могли бы быть истолкованы как потенциальный конфликт интересов.

Сведения о рецензировании

Статья прошла открытое рецензирование четырьмя рецензентами, специалистами в данной области. Рецензия находится в редакции журнала.

Список источников

1. Павлов Д.Л., Онучина Н.В., Кузнецовский А.В., Фоменков О.О., Туманов А.С. Результаты исследования биологических и генетических свойств сибирезвездных изолятов эпизоотии 2016 года в Ямало-Ненецком автономном округе // Вестник войск РХБ защиты. 2017. Т. 1. № 1. С. 23–32.
2. Савиных А.В., Павлов Д.Л., Кузнецовский А.В., Фоменков О.О., Туманов А.С., Сулопаров А.А., Морозов А.С. Результаты мониторинга сибирезвездных моровых полей эпизоотии 2016 года на территории Ямальского района Ямало-Ненецкого автономного округа // Вестник войск РХБ защиты. 2017. Т. 1. № 3. С. 18–29.
3. Казанцев А.В., Устюшин В.Н., Николаев А.И., Кармишин А.Ю. и др. Опыт использования мобильного комплекса МКА ПБА при ликвидации вспышки сибирской язвы в 2016 году в Ямало-Ненецком автономном округе // Армейский сборник. 2017. № 4. С. 76–82.
4. Кириллов И.А., Кикоть С.Г., Кузнецов С.Л., Борисевич С.В. и др. Опыт использования многофункционального мобильного комплекса модульного комплекса для анализа патогенных биологических материалов (агентов) при проведении массовых спортивных мероприятий и ликвидации последствий чрезвычайной ситуации биологического характера // Военно-медицинский журнал (в печати).

Опыт эксплуатации комплекса МКА ПБА и научные результаты, полученные при ликвидации вспышки сибирской язвы в 2016 г. в Ямало-Ненецком автономном округе и при ликвидации последствий других чрезвычайных ситуаций биологического характера, обобщены в ряде статей, опубликованных в рецензируемых научных журналах [1–4].

Выводы

1. Комплекс МКА ПБА и комплект КМТС представляют собой серьезное достижение отечественного приборо- и машиностроения. В них заложены возможности для дальнейшего развития и более эффективного использования путем модернизации их отдельных модулей и перехода к принципиально новым технологиям индикации и идентификации биологических агентов.

2. Целесообразность использования в практике войск РХБ защиты ВС РФ комплекса МКА ПБА и комплекта КМТС подтверждена результатами его использования при ликвидации вспышки сибирской язвы в 2016 г. в Ямало-Ненецком автономном округе и при ликвидации последствий других чрезвычайных ситуаций биологического характера.

Об авторе

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.

Адрес для переписки: Супотницкий Михаил Васильевич; 27nc@mil.ru

Multifunctional Mobile Module Complex for Analysis of Pathogenic Biological Materials (Agents)

M.V. Supotnitskiy

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

Multifunctional mobile module complex for analysis of pathogenic biological materials (agents) (MKA PBA) and for the support of the decisions of the operational groups of the Ministry of Defence of Russia in case of biological emergencies, has been elaborated within the framework of the federal target program «The National System of Chemical and Biological Security of the Russian Federation (2009–2013)». The developer is OAO «NPO «Transkom» (PJSC «Research and Production Association «Transkom») together with the federal state budgetary establishment «48 Central Scientific Research Institute» of the Ministry of Defence of the Russian Federation. The complex provides life support of the crew during 14 days and nights of autonomous work. The equipment of the complex allows to reveal and identify up to 25 agents of infectious diseases: plague, anthrax, glanders, melioidosis, cholera, typhoid, brucellosis, legionellosis, tularemia, orthopoxvirus diseases, Q fever, rabies, Rift Valley fever, Venezuelan equine encephalitis, Marburg fever, Ebola fever, Lassa fever, Machupo fever, West Niles fever, epidemic nephritis, Crimean-Congo hemorrhagic fever, Dengue haemorrhagic fever, yellow fever, Japanese encephalitis and tick-borne encephalitis. In case of the absence of any stationary operational bases, MKA PBA can provide the fulfilling sanitary-epidemiological requirements SP 1.3.3118-13 «Security work with microorganisms I–II pathogenicity groups (hazard)». The complex can reveal pathogenic biological agents in no less than 20 samples simultaneously with probability 0,95. The duration of the preliminary analysis and the evaluation of biological environment in the emergency zone is no less than 15 minutes. The alleged service life of the complex is 12 years.

Keywords: *biological environment; determination of biological agents; identification of biological agents; microorganisms of I–II pathogenicity groups; rabies; Ebola fever; melioidosis; glanders; tularemia; plague; anthrax; state of emergency.*

For citation: *Supotnitskiy M.V. Multifunctional Mobile Module Complex for Analysis of Pathogenic Biological Materials (Agents) // Journal of NBC Protection Corps. 2017. V. 1. № 3. P. 38–50.*

Conflict of interest statement

The author declared 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. Pavlov D.L., Onuchina N.V., Kuznetsovskiy A.V., Fomenkov O.O., Tumanov A.S. The results of the research of biological and genetic properties of the anthrax strains isolates during the epizootic 2016 in Yamal-Nenets Autonomous District // Journal of NBC Protection Corps. 2017. V. 1. № 1. P. 23-32 (in Russian)
2. Savinykh A.V., Pavlov D.L., Kuznetsovskiy A.V., Fomenkov O.O., Tumanov A.S., Susloparov A.A., Morozov A.S. The results of monitoring of deathplaces of animals, died from anthrax during the epizootic 2016 in Yamal-Nenets autonomous district // Journal of NBC Protection Corps. 2017. V. 1 № 3. P. 18–29. (in Russian).
3. Kazantsev A.V., Ustyushin V.N., Nikolaev A.I., Karmishin A.Yu. et al. The experience with the use of mobile complex MKA PBA during the liquidation of the outbreak of anthrax in 2016 in Yamal-Nenets Autonomous District // Army Digest. 2017. № 4. P. 76–82.
4. Kirillov I.A., Kikot S.G., Kuznetsov S.L., Borisevich S.V. et al. The experience with the use of the multifunctional mobile module complex for analysis of pathogenic biological materials (agents) during mass sports events and liquidation of the impacts of biological emergency // Military Medical Journal (printing).

Author

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

Supotnitskiy M.V. Senior Researcher. Chief Specialist. Candidate of Biological Sciences.

Address: Supotnitskiy Mikhail Vasilievich; 27nc@mil.ru

Влияние химического оружия на тактику и оперативное искусство Первой мировой войны (исторический очерк), часть 3

М.В. Супотницкий, С.В. Петров, В.А. Ковтун

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

Поступила 20.12.2016 г. Принята к публикации 02.03.2017 г.

Газобаллонная атака германской армией позиций французских и британских войск под Ипром 22 апреля 1915 г. послужила толчком к появлению на фронтах Первой мировой войны нового оружия — химического (ХО). Насыщение войск химическими боеприпасами наступательного и оборонительного назначения и средствами доставки таких боеприпасов к цели (полевая и тяжелая артиллерия, минометы и газометы) оказало влияние на военное искусство Первой мировой войны. В 1915–1916 гг., в позиционный период войны, применение ХО для преодоления первой линии обороны противника привело к расщеплению и переносу боевых порядков в глубину полосы обороны. В 1917 г. ХО позволило преодолеть противоречие между продолжительной артиллерийской подготовкой и внезапностью наступления. Новый вид вооруженной борьбы — артиллерийское химическое сражение, успешно использован немцами для разгрома войск Антанты в ходе весеннего наступления 1918 г. Рост промышленного производства отравляющих веществ (ОВ) и развитие в странах Антанты средств применения и доставки к цели химических боеприпасов предполагают, что в случае неподписания 11 ноября 1918 г. Германией перемирия, применение ХО в боевых действиях возросло бы многократно в количественном и качественном отношении. Развитие бомбардировочной авиации и неспособность Германии к ответному химическому удару, ставшая очевидной в конце 1918 г., открыли союзникам большие возможности в 1919 г. по применению ХО на оперативную и стратегическую глубину германской обороны без правовых и гуманитарных ограничений. В работе приведены примеры эволюции ОВ и ХО, а также боевых задач, которые воюющие стороны с помощью ХО решали в ходе отдельных сражений.

Ключевые слова: артиллерийское химическое сражение; бромацетон; винсеннит; вязкие рецептуры; газобаллонная атака; дифенилхлорарсин; дифосген; желтый крест; зеленый крест; иприт; наночастицы; синий крест; стрельба разноцветным крестом; фосген; химическое оружие; хлор; хлорпикрин.

Библиографическое описание: Супотницкий М.В., Петров С.В., Ковтун В.А. Влияние химического оружия на тактику и оперативное искусство Первой мировой войны (исторический очерк) // Вестник войск РХБ защиты. 2017. Т. 1; № 1. С. 53–68; № 2. С. 39–63; № 3. С. 51–78.

СОДЕРЖАНИЕ

- № 1
Введение
Довоенные представления о химическом оружии и его применении на поле боя
Первое применение химического оружия
Начало химической войны
Итоги применения химического оружия в 1915 г.
- № 2
Изменение характера химической войны в 1916 г.
Итоги применения химического оружия в 1916 г.
Химическая война на Западном фронте в 1917 г.
Химическая война на Восточном фронте в 1917 г.
Химическая война на Итальянском фронте в 1917 г.
Итоги применения химического оружия в 1917 г.
- № 3
Планы сторон на начало 1918 г.
Подготовка к масштабной химической войне
Химическое оружие в больших германских наступлениях (с 21 апреля по 18 июля 1918 г.)
Химическое оружие в контрнаступлении союзников (с 18 июля по 11 ноября 1918 г.)
Итоги применения химического оружия в Первую мировую войну
Если бы война продолжилась в 1919 г.
Благодарности
Информация о конфликте интересов
Сведения о рецензировании статьи
Список источников

Планы сторон на начало 1918 г. В 1918 г. союзники входили с пессимистическими настроениями. Франция исчерпала свои людские ресурсы весной 1917 г., во время наступления Нивеля. Тяжелые потери понесли и британцы в третьем сражении под Ипром (31.07-10.11.1917 г.). Единства взглядов на продолжение войны не было, в политических и военных кругах присутствовала растерянность [16].

Пример России побудил союзников искать возможные пути выхода из войны. Черчилль рассчитывал на то, что Германия пойдет на территориальные уступки Франции и Бельгии, и удовлетворит свои аппетиты за счет уже захваченных территорий на Востоке, которые союзники сразу же за ней признают. Понесшая огромные потери в не нужной ей войне Россия для него уже не существовала. Однако Людендорфа, ставшего к тому времени по сути военным диктатором Германии, такой вариант мира не устраивал. Он понимал, что эта война не последняя в Европе, в будущей войне Германии потребуются удобные стратегические плацдармы, поэтому он был полон решимости не только не отдавать отбитые у врагов территории Бельгии и Франции, но и захватить дополнительные, расположенные западнее Меца [41].

В то же время триумфальный для Германии «Брестский мир», заключенный в марте 1918 г. благодаря военным и дипломатическим усилиям Людендорфа, сыграл плохую услугу будущему Германии. Ее мощи и так опасались на континенте, но Германия, завладевшая Россией, по мнению британского премьер-министра Ллойд Джорджа (David Lloyd George, 1863–1945), станет непобедимой, она проглотит всех и вся. Поэтому никакого мира Германия должна быть полностью разгромлена и как военная сила стерта с карты Европы вслед за Россией [57].

Точка зрения Ллойд Джорджа была приоритетной среди политической и военной элиты союзников. Согласованная общая британская и французская позиция на 1918 г. заключалась в том, что им нужно продержаться в обороне до полноценного вступления в боевые действия армии Соединенных Штатов. Союзники планировали закончить войну, действуя вместе с американцами, осенью 1919 г.¹, накопив достаточные запасы химического оружия и создав мощные танковые силы для наступательных операций нового типа, включавших в себя и собственный опыт применения танков при Камбре, и германский опыт химической войны в России.

¹ Премьер-министр Франции Жорж Клемансо (Georges Benjamin Clemenceau, 1841–1929) в январе 1918 г. открыто признал, что победа над Германией будет одержана Антантой лишь осенью 1919 г. [17]. В отправленной 22 июня 1918 г. в Имперский военный кабинет «Записке о войне» У. Черчилль писал о необходимости готовить наступление летом 1919 г. Одним из приоритетных видов оружия, способных обеспечить победу союзникам, он видел химическое оружие [41].

У Германии были еще более серьезные проблемы с людскими ресурсами, чем у союзников, экономическая ситуация в стране ухудшалась с каждым месяцем, запасы стратегических ресурсов уменьшались. Но немцы могли гордиться итогами 1917 г.: Россия выведена из войны, что позволило перебросить на Западный фронт до 1 млн солдат; Италия и Румыния разгромлены, их армии как военная сила уже не представляли серьезной опасности; австро-венгры еще сражались; западные союзники, особенно Великобритания², понесли столь тяжелые потери в людях, что каких-то решительных действий от них ожидать не стоило.

Но усиление большевиков и их последовательная борьба за освобождение территории бывшей Российской империи от иностранных захватчиков и их пособников создавали значительные трудности Германии для выкачивания российских ресурсов даже с территории Украины. Поэтому у части германского высшего командования во главе с генералом Гофманом сформировался план действий, предполагавший захват Москвы, выход германских войск на линию Смоленск–Петроград, смещение правительства Ленина и формирование нового российского правительства, более лояльного к колониальной экспансии Германии. На Западном фронте Гофман предлагал продолжить занимать выжидательную позицию [56]³.

Однако Людендорф считал такие планы Гофмана очень рискованными. Их реализация давала союзникам выигрыш во времени, который позволил бы им *нарастить группировку американских войск во Франции и принять на*

вооружение новые, более опасные ОВ [56]⁴. Экономическая ситуация в стране ухудшалась; в армии, а особенно на флоте, началось брожение. Действовать надо было быстро, «теперь или никогда». Людендорф принял решение серией решительных наступлений навязать союзникам мир на своих условиях [21]⁵. Химическое оружие в этих наступлениях рассматривалось как главная гирия на весах войны, которую Германия собиралась использовать, чтобы склонить чашу победы на свою сторону [11].

Подготовка к масштабной химической войне. Немцы к началу 1918 г. обладали развитой военно-химической промышленностью, которую они создали на основе шести крупных химических концернов, занимавшихся до войны производством красителей. Производство хлора достигало 1860 т/мес.⁶, дифосгена – 550 т/мес., фосгена – 630 т/мес., хлорпикрина – 200–250 т/мес. К тому же у них были иприт (более 1 тыс. т/мес.), дифенилхлорарсин (около 350 т/мес.) и проверенная в России наступательная тактика ведения химической войны. Союзники спешно разрабатывали технологии производства ОВ и строили предприятия по их производству, но к началу 1918 г. они по объему производства ОВ и химических боеприпасов еще не достигли уровня Германии [58]. Франция добилась серьезных успехов в производстве брома, фосгена, цианидов. Британские химики были менее успешны. Они наладили производство отдельных прекурсоров ОВ – хлора и цианистого натрия, но брома у них не было всю войну, поэтому среди инкапситуантов, предназначенных для снаряжения снарядов,

² В кампании 1917 г. британцы взяли на себя основную тяжесть наступательных действий второй половины года. Французская армия, парализованная мятежами после неудавшегося наступления Нивеля, в основном находилась в обороне [18].

³ Начиная с июля 1916 г. и до конца марта 1918 г., т.е. более 18 месяцев, германцы не предпринимали на Западном фронте никаких крупных наступательных действий, сосредоточив свои усилия на Восточном фронте, против Румынии и России, а также на итальянском фронте.

⁴ **Речь идет об изменении хода истории!** Если следовать аргументации Гофмана, то угроза появления иприта и арсинов на Западном фронте помешала немцам покончить с Советской Россией и, соответственно, с советской частью нашей истории.

⁵ Была еще одна сторона, желавшая тогда «использовать» американский фактор в своих целях — Советская Россия. Правительство В.И. Ленина, вынужденно согласившееся на «Брестский мир», понимало, что он носит временный характер. Германия не смогла бы долго продержаться против объединенных сил Великобритании, Франции, Италии и США, да и между самими этими государствами существовали «межимпериалистические противоречия». Но за тот промежуток времени, когда «империалистические хищники будут рвать друг друга глотки», русские коммунисты рассчитывали создать новую армию — Красную, что и было сделано к концу 1918 г. Ни Германия, ни бывшие союзники не принимали тогда в расчет Советскую Россию. Немцы после победы на Западном фронте мечтали использовать полученные территории России и Закавказья для походов в Индию и вынашивали идею германского наземного пути в Китай [57]. Бывшие союзники рассчитывали после победы над Германией разделить Россию между собой, разумеется, для того, «...чтобы дать возможность русскому народу свободно высказать свою волю» [59]. Но и те, и другие просчитались.

⁶ До 95 % всех примененных в Первую мировую войну ОВ (иприт, фосген, дифосген, хлористый бензил, бромбензилцианид, хлорпикрин и др.) и дымообразователей (хлористый аммоний, тетрахлориды кремния и титана) прямым или косвенным путем производили с использованием хлора [45].

у британцев не было бромистых соединений⁷. Этилйодацетат производился низкого качества, рецептура на основе синильной кислоты оказалась неудачной, но за неимением лучшей ее сняли с вооружения только в конце 1917 г. Произведенного фосгена для нужд войны им не хватало. В марте 1916 г. между союзниками было достигнуто соглашение, по которому Франция в течение войны передала Великобритании 6,5 тыс. т фосгена в обмен на хлор. Значимых количеств дифосгена и арсинов союзники не производили до конца войны⁸, собственного иприта в марте 1918 г. на химических предприятиях Франции получено только 240 кг [24, 34].

Германцы материальную силу ударов в своих предстоящих наступлениях видели в применении артиллерии, причем основную роль в прорыве укрепленной полосы обороны союзников они отводили химическим снарядам, способным оказывать на укрепления противника объемное действие, отсутствующее у фугасных и осколочных снарядов [1]. Артиллерийское насыщение в последний год войны достигало у них огромных размеров. Если в 1914 г. в среднем на 1 км ударного фронта германского наступления к Марне приходилось 5 батарей, то к началу 1918 г. на 1 км фронта приходилось 40 батарей. Если в 1914 г. одно орудие приходилось на 300 м фронта, то в 1918 г. одно орудие приходилось на 7–20 м фронта, что давало насыщение до 140 орудий/км фронта [55].

Перед наступлением германскими оружейниками была проведена большая работа по усовершенствованию химических снарядов и мин. Накопленный за два года химической войны опыт показал, что пары ОВ недостаточно интенсивно распространялись в воздухе над местностью, занятой противником, их действие было непродолжительно, в результате чего противник научился применять нужные защитные меры, чтобы избежать отравления. Поэтому требовалось увеличить количество ОВ, которое доставлялось противнику одним снарядом, и улучшить его диспергирование взрывом [60]. Благодаря заделам, созданным за 3 года химической войны, эволюция химических снарядов

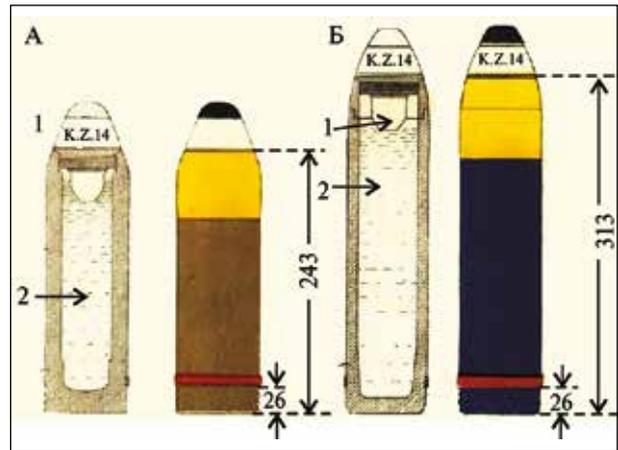


Рисунок 16 — Сопоставление короткого 7,7 см химического снаряда «зеленого креста» (short gas shell) для легкой пушки с удлиненным снарядом такого же типа (long gas shell).

1 – запальный стакан со взрывателем; 2 – ОВ. Размеры указаны в мм. (Типовой снаряд (А): масса – 7,10 кг, объем ОВ (дифосген) – 0,285 л (0,465 кг), взрыватель К.З. 14 (контактный без задержки). ВВ – 23 г пикриновой кислоты. Максимальная дальность стрельбы таким снарядом ~8,4 км. Удлиненный снаряд (Б): масса – 7,29 кг, объем ОВ (дифосген или бромметилкетон – «зеленый крест»; 30-70 % дифосгена + 70–30 % хлорпикрина – «зеленый крест 1»; % по объему) – 0,61 л. Взрыватель Н.З. 14 (контактный без задержки) или Е.К.З. 17 (мгновенного действия; см. рис 13, А). ВВ – 23 г пикриновой кислоты. Масса снаряда почти не увеличилась из-за меньшей толщины его стенок. Максимальная дальность стрельбы таким снарядом ~7 км [43, 44])

ускорила. Для легких полевых пушек (7,7 см) и гаубиц (10,5 см) были разработаны удлиненные снаряды «зеленого», «синего» и «желтого крестов» со значительно большей вместимостью по ОВ (рисунок 16).

Для тяжелой гаубицы (15 см) и мортиры (21 см)⁹ были сконструированы снаряды, снаряженные дифенилхлорарсином, растворенном в фосгене («зеленый крест 2»)¹⁰. По замыслу разработчиков, они должны были сочетать

⁷ Бром до войны производили только в двух странах – в США и Германии. Французы в апреле 1916 г. смогли наладить производство брома в Тунисе, используя воды подземного соляного озера Себка-эль-Мелак [24]. В России в промышленном масштабе бром получен в 1917 г. из маточных рассолов Крымских соляных промыслов в Саках [33]. Британцы с началом химической войны пытались купить бром в нейтральных тогда США, но оказалось, его заранее весь скупили германские фирмы [58].

⁸ Для получения ядовитого дыма союзники пользовались смесью, состоящей из 80 % хлорпикрина и 20 % хлорного олова или четыреххлористого кремния. Такой смесью наполняли артиллерийские снаряды, мины Ливенса и ручные гранаты. По способности проникать через противогазную коробку образуемый дым уступал дифенилхлорарсину и к завершению войны смесь сняли с вооружения [4].

⁹ 21-см гаубичные химические снаряды впервые применены на Западном фронте в июле 1917 г.

¹⁰ Практика боевого применения таких снарядов показала немцам их неэффективность. Создать капли дифенилхлорарсина с нужной для проникновения через противогаз дисперсностью не удалось, а из-за «разведения» фосгеном его действие на противника оказалось незначительным.

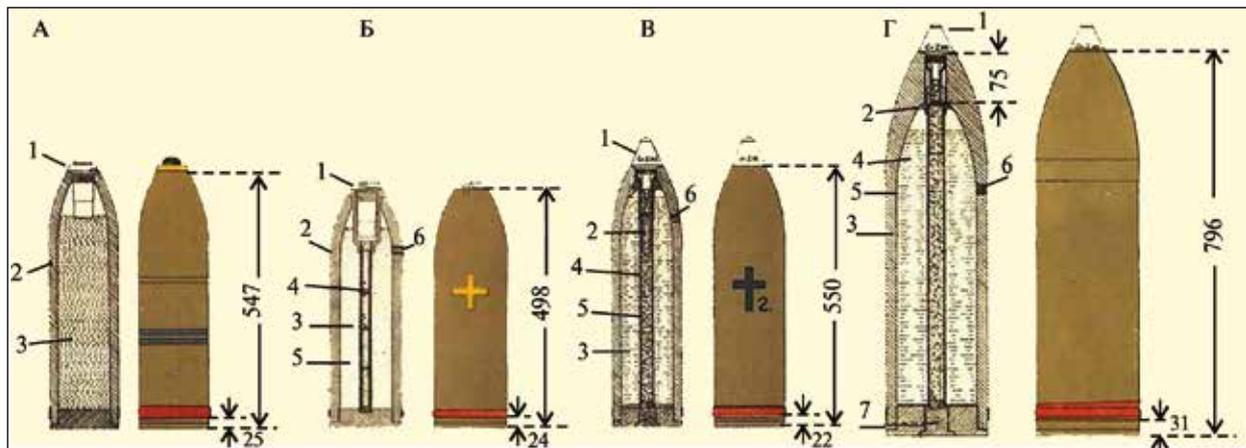


Рисунок 17 — Эволюция снарядов «зеленого» и «желтого крестов» крупных калибров. Размеры указаны в мм. 1 – запальный стакан со взрывателем; 2 – корпус снаряда; 3 – ОВ; 4 – тринитротолуол; 5 – стальная труба; 6 – заполняющее отверстие с пробкой; 7 – вкручивающееся дно.

А. 15-см химический снаряд «зеленого/зеленого 1 крестов». Масса снаряда – 41,36 кг, объем ОВ 3,9 л («зеленый крест» – дифосген или бромметилэтилкетон; «зеленый крест 1» – 30–70 % дифосген и 70–30 % хлорпикрин, по объему); взрыватель Gr.Z.14 n/A – контактный без задержки; ВВ – 60 г пикриновой кислоты. Максимальная дальность стрельбы таким снарядом из длинноствольной пушки ~9,5 км.

Б. 15-см химический снаряд «желтого креста». Масса – 40,23 кг, объем ОВ 2,88 л (иприт 80%, хлорбензол 20 %, по объему); взрыватель Gr.Z.14 n/A – контактный без задержки; ВВ – 60 г пикриновой кислоты + 0,7 кг тринитротолуола. Максимальная дальность стрельбы таким снарядом из длинноствольной гаубицы ~10 км.

В. 15-см химический снаряд «зеленого креста 2». Масса – 41,7 кг, объем ОВ 3,2 л (фосген 60 %, дифосген 25 %, дифенилхлорарсин 15 %; по объему); взрыватель Gr.Z.92 – контактный без задержки; ВВ – 60 г пикриновой кислоты + 0,7 кг тринитротолуола. Максимальная дальность стрельбы таким снарядом из длинноствольной гаубицы ~10 км.

Г. 21-см химический мортирный снаряд «зеленого креста 2/желтого креста». Масса – 116,5 кг, объем ОВ 8 л («зеленый крест 2» – фосген 60 %, дифосген 25 %, дифенилхлорарсин 15 %; «желтый крест» – иприт 80 %, дихлорметилловый эфир и триоксиметилен 5 %, хлорбензол 15 %; по объему); взрыватель Gr.Z.92 – контактный без задержки; ВВ – 18 г пикриновой кислоты + 0,878 кг тринитротолуола. Максимальная дальность стрельбы таким снарядом из длинноствольной mortarы ~10,2 км [43, 44]

действие «синего» и «зеленого крестов». Для усиления диспергирования ОВ в снарядах «зеленого» и «желтого крестов» крупных калибров германские химики первыми применили стержневое расположение ВВ, одновременно увеличив его количество (рисунок 17).

В снарядах «желтого креста» последних перед мартовским наступлением модификаций, помимо иприта и растворителя, содержались лакриматоры (дихлорметилловый эфир, триоксиметилен; см. рисунок 17, Г), так как было установлено, что противник в течение первых часов после обстрела снарядами «желтого креста» не одевал противогазы, сохраняя, таким образом, максимум боеспособности. Эти несколько часов могли решить исход сражения. Добавление лакриматоров не уменьшало воздействия паров и капель иприта на кожу бойца, но вынуждало его немедленно принимать меры защиты глаз, т.е. надевать противогазы. Такие снаряды применялись на тех участках фронта, где готовилось наступление и не требовалось ингаляционного поражения бойцов противника ипритом.

В 1917 г. германскими разработчиками снаря-

дов «желтого креста» было установлено, что если масса тринитротолуола в снаряде составляла не менее 30 % от массы иприта, то взрывом он переводился в высококонцентрированный мелкодисперсный аэрозоль, проникавший в глубокие отделы легких, увеличивая количество летальных исходов с 1–2 до 10 % [24]. К мартовскому наступлению 1918 г. германские химики разработали осколочно-химический тип ипритного снаряда, так называемый «снаряд с промежуточным дном» (Zwischenbodengeschoß = «Z.-B. Geschoss») или «бризантный снаряд желтого креста». Маркировался шестиконечным крестом желтого цвета [4, 61].

В корпус 15-см фугасного снаряда вставлялось «промежуточное дно» – круглая перегородка, выштампованная из листового железа, имевшая параболическую выпуклость, которая была обращена к головной части снаряда, и цилиндрические закраины, параллельные стенкам снаряда. Закраины привальцовывались холодным способом в кольцеобразные желобки, выточенные на внутренней поверхности стенок снаряда, причем мягкое железо промежуточного дна плотно впрессовывалось в подготовлен-

ную нарезку и цементировалось. Таким путем разгораживали внутреннюю полость снаряда на две герметически изолированных камеры. Нижнюю камеру заполняли ОВ через специальное боковое отверстие в корпусе снаряда, которое плотно закрывалось после наливки навинтованной пробкой из мягкого железа. Верхняя (головная) камера заливалась расплавленным тринитротолуолом. Местоположение промежуточного дна рассчитывалось таким образом, чтобы баллистические свойства (центр тяжести) снаряда остались без изменения. Снаряд хорошо себя зарекомендовал на фронте, поэтому был использован для снаряжения фосгеном, так появился «бризантный снаряд зеленого креста» [4] (рисунок 18).

Звуковой эффект разрыва химических снарядов с промежуточным дном соответствовал по своей интенсивности разрыву фугасных снарядов следующего меньшего калибра. Их полет в воздухе сопровождался таким же звуковым эффектом, как и полет фугасных снарядов. Зрительные впечатления от разрыва также мало чем отличались от обычно наблюдаемых при стрельбе фугасными снарядами, что обеспечивало скрытое поражение бойцов противника аэрозолем иприта [22]. «Бризантных снарядов с желтым крестом» союзники очень боялись. Особенно губительной для них оказалось сочетание стрельбы ипритными снарядами обоих типов (для заражения местности и бризантными) [4].

В начале 1918 г. модификации подверглись и германские снаряды «синего креста». Опыт их применения на поле боя, накопленный в 1917 г., показал меньшую эффективность, чем ожидалось [11]. Вместо дифенилхлорарсина или в смеси с ним (фосген) для снаряжения снарядов стали использовать два других мышьяковистых соединения того же типа, а именно: твердый дифенилцианарсин¹¹ и жидкий фенилдихлорарсин¹². Последний служил также растворителем для дифенилхлорарсина. Германские химики считали дифенилцианарсин сильнеешим из всех известных тогда раздражающих веществ.

Снаряды называли «синий крест I». На фронте снаряды с дифенилцианарсином появились в июне 1918 г. [4].

Построение обороны союзников в глубину, копируя в свое построение германских оборонительных полос и линий, требовало снарядов с повышенной дальностью, которыми можно было поражать цели на второй полосе обороны

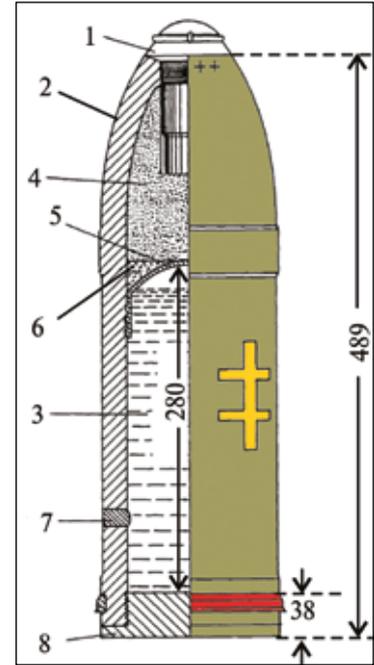


Рисунок 18 — 15-см снаряд с промежуточным дном («15 cm Granate 12 verst. Doppelbrkr»). Размеры указаны в мм. 1 – запальный стакан со взрывателем; 2 – корпус снаряда; 3 – ОВ; 4 – тринитротолуол; 5 – промежуточное дно; 6 – магнeзиальный цемент; 7 – заполняющее отверстие с пробкой; 8 – вкручивающееся дно. (Масса снаряда – 40,45 кг. Масса ОВ – 2,7 кг (иприт 80 %, хлорбензол 20 %). Взрыватель Gr.Z. 14n. А – контактный без задержки или Gr.Z.17 (моментальный). ВВ – пикриновая кислота (?) + 1,2 кг тринитротолуола. Максимальная дальность стрельбы таким снарядом из длинноствольной гаубицы ~10 км. Аналогичный снаряд «зеленого креста» («15 cm Granate 12 verst. Doppelgrünkr») был конструктивно идентичен «желтому кресту», кроме снаряжения ОВ. Масса ОВ – 3,2 кг (фосген). ВВ – пикриновая кислота (?) + 1,1 кг тринитротолуола. Для маркировки использовался шестиконечный крест соответствующего цвета [44, 61])

¹¹ Дифенилцианарсин синтезирован германскими химиками в начале 1918 г. Чистый дифенилцианарсин при комнатной температуре представляет собой бесцветные кристаллы со слабым запахом чеснока; $t_{пл} = 31,5\text{ }^{\circ}\text{C}$; $t_{кип} = 346\text{ }^{\circ}\text{C}$; плотность $1,3160\text{ г/см}^3$ (при температуре $25\text{ }^{\circ}\text{C}$); ММ 255,2. В воде растворяется плохо. В противоположность дифенилхлорарсину, дифенилцианарсин почти не разлагается водой. Наименее летуч из всех ОВ, примененных в Первую мировую войну. Германские химики считали, что он обладал в 10 раз более сильным раздражающим действием, чем дифенилхлорарсин. Его действие начинало ощущаться при концентрации $0,00001\text{ мг/л}$, а концентрация $0,0005\text{--}0,001\text{ мг/л}$ уже была непереносимой для человека без противогаза с надежным аэрозольным фильтром. Последствия отравления дифенилцианарсином были резко выражены и давали о себе знать в течение более длительного времени, чем при отравлении дифенилхлорарсином [22, 24].

¹² Фенилдихлорарсин ($\text{C}_6\text{H}_5\text{AsCl}_2$) – бесцветная жидкость; $t_{пл} = \text{минус } 20\text{ }^{\circ}\text{C}$, $t_{кип} = 257\text{ }^{\circ}\text{C}$ (с разложением), плотность $1,625\text{ г/см}^3$ (при $t = 20\text{ }^{\circ}\text{C}$), летучесть (максимальная концентрация) $0,274\text{ мг/л}$ (при $t = 20\text{ }^{\circ}\text{C}$); нерастворим в воде, хорошо растворим в большинстве органических растворителей. Раздражает верхние дыхательные пути, вызывая неукротимое чихание и кашель; обладает кожно-нарывным и резорбтивным действием. Во время Второй мировой войны в итальянской и германской армиях это вещество служило компонентом зимних ипритных смесей [32].

(10–12 км от переднего края): штабы дивизий и корпусов, железнодорожные узлы, места сосредоточения резервов, полевые склады и др. [60]. К весне 1918 г. германские оружейники создали серию снарядов крупных калибров (15 см и более) различного назначения (фугасных, шрапнельных, зажигательных и др.), оснащенных баллистическим наконечником (*false cap*) [44]. Среди них был 15-см гаубичный снаряд «желтого креста». Масса снаряда – 59 кг, взрыватель – Gr.Z.04 (контактный с замедлением в 1 с или без него), разрывной заряд – 43 г пикриновой кислоты. Снаряжался 3,49 кг ОВ (80 % иприта + 20 % хлорбензола; % по объему)¹³. Предназначался для заражения местности. Дальность стрельбы таким снарядом ~18,2 км [44, 61].

В начале 1918 г. союзники обнаружили, что немцы использовали снаряды «желтого креста», содержавшие анилиновые красители красного или пурпурного цвета, растворенные в иприте. После разрыва такие снаряды оставляли на земле и, особенно рельефно на снегу, большое цветное пятно, указывавшее наступающей пехоте отравленные участки. Было и другое предположение, что те же пятна облегчали пристрелку, что являлось необходимым из-за плохой видимости слабого разрыва химического снаряда [4, 15].

Весной 1918 г. в германские войска поступили 16-см нарезные газометы. Дальность германской химической газометной стрельбы повысилась до 3,5 км, что позволяло прицельно поражать цели в глубине первой полосы обороны, в то время как британские газометы доставляли ОВ лишь на 1–2 км. Но у британских газометов было другое преимущество – их мины снаряжались 14 кг ОВ; германские – только 7 кг ОВ [24]¹⁴.

В 1918 г. немцы стали широко применять в химических снарядах и минах дистанционные взрыватели (например, W.M. Zdr.2 для 7,7-см снарядов и Z.s.u.m. W.M. для мин), чтобы, согласно распоряжению Людендорфа, эффективно заразить ипритом территории противника с рыхлой и болотистой почвой. Время срабатывания взрывателя должно было устанавливаться таким образом, чтобы

разрыв боеприпаса произошел низко над землей [24, 44].

В декабре 1917 г. германская армия получила новые инструкции по ведению артхимстрельбы. С присущей немцам педантичностью каждому типу химических снарядов давалось строго определенное тактическое назначение и указывались приемы применения [11].

В начале января 1918 г. командиры разных уровней получили инструкцию «Наступление в позиционной войне», которая была разработана на основе боевого опыта, накопленного в ходе наступления под Ригой в сентябре 1917 г. Основным требованием к обеспечению внезапности наступления считалась короткая (2–4 ч) артиллерийская подготовка, основанная на отказе от разрушения позиций противника, но предполагающая нейтрализацию неприятельской пехоты и артиллерии массовым применением химических снарядов и уничтожение стрельбой из минометов препятствий на пути атакующих германских штурмовых отрядов [63].

Боевые действия во Франции и Бельгии в 1918 г. продолжались с 21 марта по 11 ноября – всего 235 суток. Историки их делят на два почти равных периода: *наступление германцев* (с 21 марта по 18 июля) и *контрнаступление союзников* (с 18 июля по 11 ноября) [17].

Химическое оружие в больших германских наступлениях (21.04–18.07.1918). В исторической памяти британцев и французов есть дата – 21 марта 1918 г., которая воспринимается ими так же, как нами 22 июня 1941 г., т.е. как день военной катастрофы. До настоящего времени в западной исторической литературе общепринятой точкой зрения на причины мартовской катастрофы являются якобы внезапность германского нападения, отсутствие единого командования у союзников, немногочисленность резервов, недоверие Ллойд Джорджа к командующему британским экспедиционным корпусом в Европе фельдмаршалу Хейгу¹⁵, после Пашендала получившему у британских солдат прозвище «Мясник Хейг» («Butcher Haig»), коллапс России и другие факторы [2, 14, 18, 25]. Историкам неудобно признать, что в начале

¹³ Р. Ганслиан и Ф. Бергендорф привели описание аналогичного снаряда с значительно более токсичным растворителем иприта – нитробензолом: 72 % иприта и 28 % нитробензола (без указания других параметров – массы снаряда и ВВ, типа взрывателя, дальности стрельбы, назначения и др.) [4]. Возможно, речь идет о менее известном типе дальнобойного химического снаряда конца войны.

¹⁴ Немцы использовали газометы для стрельбы бризантными бомбами [24].

¹⁵ Ллойд Джорджа ужаснули британские потери в сражении при Пашендале (Третий Ипр), составившие почти 380 тыс. человек (всего за 1917 г. британцы потеряли около 800 тыс. человек). Он считал, что наступательную операцию под Ипром надо было прекратить еще в начале сентября. Из опасения оставить Британию вообще без молодых мужчин после очередного бессмысленного наступления, он отказывал Хейгу в резервах и рассчитывал, что войну им выиграют американцы, раз уж с итальянцами не получилось, а русские отказались от такой «чести» [16]. Хейг после катастрофы под Пашендалем не последовал за Френчем, Жоффром и Нивелем в отставку исключительно благодаря личной дружбе с британским королем Георгом V (Georg V, 1865–1936) [62].

1918 г. предстоящее германское наступление ни для кого не было секретом, к нему готовились [16, 17], и даже когда оно началось 9 марта (а не 21 марта) с постановки немцами ипритных заграждений, это тоже было известно британскому командованию¹⁶ и правительству¹⁷ [1, 4]. Но только что они могли сделать, когда над их головами был занесен «лом» артиллерийского химического сражения?

*Маятник Людендорфа*¹⁸. Полный разгром союзников Людендорф надеялся осуществить чередованием ударов на разных участках позиционного фронта, тем самым заставив их неэффективно истратить свои резервы. Прорванный фронт обязывал союзников направить на угрожаемый участок свои резервы. Они подходили быстрее, чем атакующий растрчивал свои силы, вследствие чего устанавливалось равновесие. И тогда удар должен повториться, но на другом участке фронта. Союзные резервы направлялись теперь на этот участок. Смысл такого «маятника» состоял в том, чтобы добиться «сдвига фаз» — резервы союзников перемещаются вдоль линии фронта в направлении, противоположном движению ударных группировок немцев. Союзники перемещают свои части туда, где наступления уже нет, снимая их с тех участков, где оно подготовлено [54]¹⁹.

Первое германское наступление (операция «Михаэль», 21.03–04.04.1918 г.). Учитывая противоречия, существовавшие между союзника-

ми²⁰, первый удар Людендорф нанес в Пикардии²¹, в стык между 5-й британской (правый фланг британского фронта) и 6-й французской (левый фланг французского фронта) армиями. Цель наступления – разгром двух оперативных объединений противника: 5-й и 3-й британских армий с последующим прорывом всей полосы британской обороны. Далее предполагалось, поворачивая на север правым флангом, отрезать британский экспедиционный корпус от французских войск, выдвинуть его в море и овладеть портами Ла-Манша, тем самым нарушив поступление англо-американских войск на континент²². Предпринятые Людендорфом меры дезинформации и маскировки на юге британского фронта позволили скрыть планируемое направление удара. Поставленные германской артиллерией на разных участках фронта ипритные заграждения в сочетании с ложными передвижениями войск ввели британскую разведку в заблуждение. Зная о предстоящем наступлении, Хейг ожидал его севернее того участка фронта, где оно произошло.

Для наступления Людендорф сосредоточил огромное количество артиллерии. На каждый километр фронта наступления было предусмотрено не менее 20–30 батарей, т.е. в среднем по 100 орудий²³. Действия артиллерии при прорыве первой полосы обороны были построены на следующих принципах: максимальной сокращенной по времени, но высокоточной

¹⁶ Майор В. Лефобюр, офицер химической службы британской армии, указывал, что только 9 марта немцы выпустили 200 тыс. снарядов «желтого креста» у Армантьера (2-я британская армия), отсекали по флангам ипритными заграждениями 9-км участок фронта, который удерживали две португальские дивизии (участок фронта, начинавшийся в 6 км южнее Армантьера, расположенный между дивизиями XI и XV корпусов 2-й армии), и создали ипритные поля к югу от канала Ла Бассе (место стыка 2-й и 1-й британских армий, 35 км южнее Армантьера), нанеся британцам огромные потери [58]. Как показал ход дальнейших событий, эти обстрелы имели целью имитировать возможное направление наступления – через позиции, удерживаемые португальцами, и севернее стыка 1-й и 2-й британских армий. Маятник Людендорфа начал раскачиваться 9 марта. Наступление 21 марта началось на 80 км южнее Армантьера, где также в это время ставились ипритные заграждения.

¹⁷ По воспоминаниям У. Черчилля, тогда занимавшего пост министра вооружений, начальник артиллерии, генерал-майор Джеймс Берч (James Frederick Noel Birch, 1865–1939), еще 19 марта показал ему карту с нанесенными районами заражения ипритом, определяющими фланги германского наступления [41].

¹⁸ Энергичный Людендорф, являясь помощником Гинденбурга, с 1916 г. и до конца войны фактически руководил вооруженными силами Германии. Ему принадлежит авторство всех крупных операций того периода. Гинденбургу в 1918 г. исполнился 71 год и, по замечанию британского историка, он играл при Людендорфе роль «по-отечески доброго и заботливого главнокомандующего» [57].

¹⁹ Всего германцы нанесли союзникам пять ударов: 21 марта в Пикардии, 9-го апреля во Фландрии («Четвертый Ипр»), 27-го мая на Эне, 9-го июня на Узезе, 15-го июля на Марне. Наступления 9-го апреля во Фландрии и 9-го июня были проведены в тех же операционных направлениях, как и удары 21-го марта и 27-го мая соответственно. Поэтому их не считают самостоятельными операциями, а лишь вторыми актами наступления 21-го марта и 27-го мая [64].

²⁰ Интересы союзников расходились в выборе приоритета в оборонительных действиях. Французское командование считало приоритетным для себя защиту Парижа; британское – не позволить немцам утопить их в Ла-Манше [54].

²¹ Провинция в северной Франции, между Нормандией и Фландрией.

²² Проект очередных «Канн» – см. Начало химической войны // Вестник войск РХБ защиты. Т. 1. № 1. С. 60–67.

²³ Немцы сосредоточили 62 дивизии и 6 тыс. орудий против 32 пехотных, 5 кавалерийских и 3 тыс. орудий британцев [54].

стрельбе, проведенной без пристрелки; применении химических снарядов для постановки ипритных заграждений; подавлении химическими снарядами артиллерийских батарей и хорошо укрытых позиций противника; создании движущегося огневого вала, поддерживающего пехоту в наступлении.

Общая глубина оборонительного расположения британцев достигала 8–10 км, считая от переднего края боевого охранения до края тыловой полосы. Наступление предпринято в полосе Аррас-Ля Фер. Главный удар наносился в участке Гузокур–Сен-Кантен, на местности, не дававшей особых преимуществ обороне и не затруднявшей наступление. К северу и к югу от избранного для прорыва участка велись второстепенные наступления. Характерной особенностью британского фронта было то, что III корпус, расположенный на левом фланге 5-й армии, занимал участок, резко выдвинутый вперед и потому фланкировавший подступы к северу и к югу от Гузокура [4, 63].

Артиллерийская химическая подготовка наступления велась с 9 по 19 марта в основном снарядами «желтого креста» (до 80 %). Участок Левен–Гузокур (протяженность по фронту 46 км) включительно, являвшийся объектом *вспомогательного наступления*, был подвергнут действию снарядов «желтого креста» лишь на своих флангах, а именно участок Левен–Аррас (протяженность по фронту 10 км) и выступ Инши–Гузокур (протяженность по фронту 11 км), занятые III корпусом 5-й британской армии [4, 11].

С целью воспрепятствовать возможным фланговым контратакам и огню со стороны британских позиций на выступе, вся оборонительная полоса действующего здесь британского корпуса подверглась наиболее жестокому обстрелу химическими снарядами «желтого креста». Еще до начала германского наступления III корпус потерял отравленными до 5000 человек (в том числе около 500 офицеров), его личный состав был изнурен до полной потери боеспособности непрерывным ношением противогазов и совершенно деморализован. На остальных второстепенных участках фронта обстрел химическими снарядами имел либо демонстративное значение, либо не велся вовсе. Характерно, что, например, на участке Аррас–Инши (протяженность по фронту 25 км), который не подвергался обстрелу ипритными снарядами, части 3-й британской армии легче и успешнее всего отбивали все атаки германцев. Их фронт «прогнулся» в северо-западном направлении, но они не допустили его прорыва.

Всего за первый день подготовки наступления (9 марта) по целям перечисленных второстепенных участков было выпущено свыше 200 тыс. снарядов «желтого креста» [11].

Участок Гузокур–Сен-Кантен (протяженность по фронту 26 км), намеченный для прорыва британского фронта, за последние два дня перед германским наступлением неоднократно подвергся мощным обстрелам снарядами «зеленого» и «синего креста». Снарядами с «желтым крестом» незадолго до атаки была полностью изолирована от первых двух линий третья линия передовой полосы британской обороны [1].

В 4 ч 40 мин 21 марта началось грандиозное артиллерийское химическое сражение. Еще при полной темноте германская артиллерия неожиданно, без пристрелки, нанесла мощный химический удар по всему фронту 5-й и 3-й британских армий от Скарпы до Уазы²⁴ протяженностью около 100 км. Германцы били по всей оборонительной полосе британцев в основном химическими снарядами. Одновременно, для отвлечения внимания союзников, немцы открыли огонь на французском фронте в районе Реймса (5-я французская армия)²⁵, на участке британского фронта между Скарпой и Ленсом (1-я британская армия), между каналом Ля-Боссе и рекой Лис (2-я британская армия, полоса обстрела около 10 км по фронту). На последнем участке германская артиллерия вела стрельбу исключительно химическими снарядами [64].

В течение первых двух часов артподготовки массированному обстрелу химическими снарядами подверглись британские артиллерийские батареи, 80 % от использованных для их подавления снарядов составляли «бризантные снаряды желтого креста». Затем огонь был перенесен на окопы. Химические снаряды «зеленого» и «синего креста» составляли до 50 % всех снарядов, выпущенных по британским позициям [15]. К химической стрельбе присоединились минометы. Обстрелу химическими снарядами и минами подверглись наблюдательные пункты, дороги, все оборонительные сооружения британцев на несколько километров в глубину от первой линии. Всего германской артиллерией по британским позициям первой полосы обороны было выпущено более миллиона химических снарядов «зеленого» и «синего креста». Целью обстрела стало не столько разрушение укреплений противника и уничтожение личного состава, сколько стремление прижать его к земле, отравить, и таким образом парализовать его способность защищаться. Связь между командирами разных уровней была

²⁴ Река Скарпа разделяла позиции 3-й и 1-й армий Британского экспедиционного корпуса, река Уаза разделяла позиции III корпуса 5-й британской армии (с севера) и 6-й армии Северной группы французских армий (с юга).

²⁵ Западнее Реймса находился район сосредоточения основных французских резервов.

нарушена, управление войсками потеряно, туман не позволял прицельно вести огонь уцелевшим британским батареям и действовать авиации [64].

В 9 ч 40 мин германская артиллерия, создав огневой вал, начала медленно переносить его в глубину британских позиций. В густом тумане, насыщенном парами дифосгена, штурмовые группы немцев в противогазах, вооруженные гранатами и огнеметами, с незначительными потерями захватили полосу охранения на всем атакуемом участке от Круазиля²⁶ до Ла Фера (около 80 км по фронту). Попавшие в плен к немцам защитники полосы охранения произвели на них впечатление людей, сошедших с ума. Вслед за штурмовыми группами вперед пошли 450 тыс. штыков. Химический разгром III корпуса еще до германского наступления послужил началом разгрома всей 5-й британской армии [11, 64] (рисунок 19).

Внезапный химический пролом первой полосы обороны британцев и последующий стремительный ввод в образовавшуюся брешь частей 2-й и 18-й германских армий оказались катастрофичными для союзников. Война приобрела маневренный характер, чего на Западном фронте не было с ноября 1914 г.

Генерал Гоф (Hubert Gough, 1870-1963), командующий 5-й британской армией, потерял контроль над войсками. Французы попятились к Парижу, британцы к Ла-Маншу. 24 марта между войсками союзников образовался 15-км разрыв, открывавший путь на железнодорожный узел в Амьене. За 6 суток боев (27 марта – наивысшая точка первого германского наступления) британский фронт был сдвинут на запад и юг на некоторых участках до 60 км. Британцы потеряли до 300 тыс. человек, из них треть – пленными, а также лишились 1,3 тыс. орудий. С 28 марта 5-я британская армия прекратила свое существование. Разбитые дивизии были отведены в тыл для реорганизации, генерал Гоф отправлен в отставку. Генерал Генри Роулинсон (Henry Rawlinson, 1864–1925) «на скорую руку» начал формировать 4-ю армию и поддерживать разваливающуюся линию фронта. Основные британские силы отступили сначала к Сомме, а затем к Амьену.

Химический разгром британцев в Пикардии, угрожавший общим поражением союзников, вынудил их 3 апреля, впервые за 4 года войны, решить вопрос о назначении верховного главнокомандующего. Им, по просьбе Хейга,

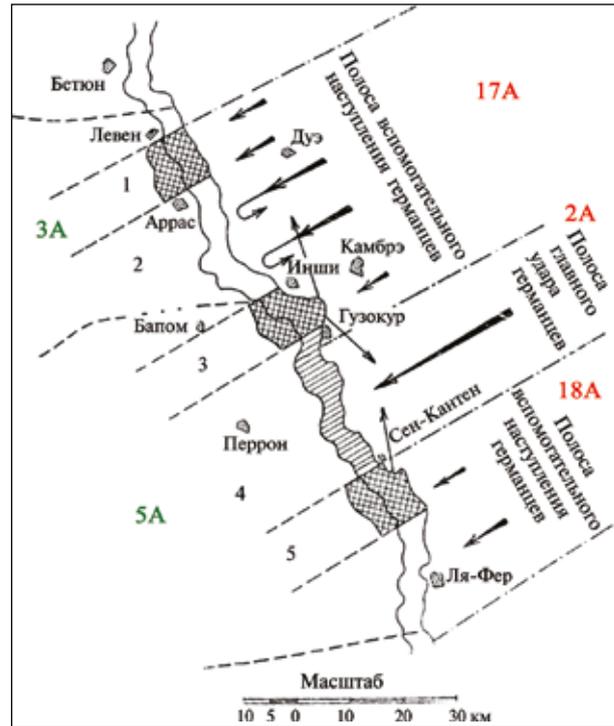


Рисунок 19 — Схема применения химического оружия в германском наступлении в Пикардии 21 марта 1918 г.

(1 – участок обороны, пораженных снарядами «желтого креста»; 2 – полоса, не подвергавшаяся обстрелу химическими снарядами; 3 – участок левофлангового корпуса, пораженный снарядами «желтого креста»; 4 – участок, пораженный снарядами «зеленого» и «синего» крестов; 5 – участок обороны, пораженный снарядами «желтого креста» [11])

стал французский маршал Фош [41]²⁷. Германское наступление остановилось 4 апреля недалеко от Амьена из-за сосредоточения крупных французских резервов, угрожавших левому флангу 18-й армии; нехватки личного состава, транспорта и материальных ресурсов у немцев, а также непролазной грязи в долине реки Соммы [57]. Однако «маятник» по-прежнему качался, его гиря сместилась в сторону Фландрии.

Наступление германцев во Фландрии – «Четвертый Ипр» (04.04 – 01.05.1918 г.). переброска сил британцев в Пикардию²⁸ и сосредоточение резервов французов для защиты Парижа давали возможность Людендорфу добиться крупного успеха севернее, под Ипром, перенеся наступление в долину реки Лис, где

²⁶ Город в 12 км южнее Арраса.

²⁷ Детальное описание сражений 1918 г. во Франции читатель может найти в работах Н.Е. Варфоломеева [63] и А.Х. Базаревского [64], авторы статьи не ставили перед собой такую задачу.

²⁸ Десять боеспособных британских дивизий из района расположения 1-й и 2-й британских армий были переброшены к Сомме, вместо них на позиции на реке Лис, по иронии судьбы, были отправлены разгромленные дивизии генерала Гофа, принимавшие участие в мартовском сражении и пополненные плохо обученными рекрутами [64].



Рисунок 20 — Характерное перемещение людей, пораженных ипритом. На фотографии показаны британские солдаты на перевязочном пункте в городке Бетюне (Bethune; историческая область Артуа на северо-востоке Франции) 10 апреля 1918 г., попавшие под обстрел снарядами «желтого креста» 7–9 апреля, находясь на флангах большого германского наступления на реке Лис [15]

установилась сухая и теплая погода. Цель наступления прежняя – овладение побережьем и портами Ла-Манша. В случае удаchi наступления, глубоко обойденные с двух сторон британцы не смогли бы удерживать район Арраса. Наиболее удобным участком фронта для нанесения удара и дальнейшего кратчайшего движения к побережью (80 км) была 16-км полоса между Армантьером и каналом Ла-Боссе, закрываемая 2-й британской армией. Хейг удара на этом участке фронта не ожидал [64].

Наступление во Фландрии стало продолжением наступления 21 марта, но, в отличие от него, происходило на узком фронте. Германцы смогли сосредоточить большое количество орудий для химической стрельбы²⁹, и 7–8 апреля они произвели артиллерийскую подготовку (главным образом «бризантным снарядом с желтым крестом»), чрезвычайно сильно заразив ипритом фланги полосы наступления: Армантьер (правый фланг германского наступления, 2-я британская армия) и местность южнее канала Ла-Бассэ (левый фланг германского наступления – стык между 2-й и 1-й британскими армиями) (рисунок 20).

В 4 ч 40 мин 9 апреля немцы усилили обстрел химическими и фугасными снарядами

позиции британцев от Армантьера до канала Ла-Бассэ. Ураганному обстрелу «разноцветным крестом» подверглась полоса наступления – те две жалкие португальские дивизии, фланги которых обстреливались снарядами с «желтым крестом» накануне наступления 21 марта³⁰. В 8 ч 45 мин под прикрытием густого тумана германская пехота захватила окопы бежавших с поля боя португальцев. В течение 9 апреля четыре корпуса 6-й германской армии продвинулись вглубь британских позиций местами на 7–8 км, образовав так называемый *Байольский выступ* (по названию городка Байоль). Британцы в этот день потеряли все, за что они сражались в 1917 г. под Мессинами и в ходе Пашендальского наступления. Немцами в плен взято 6 тыс. человек и захвачено 100 орудий [11].

Фронтальное наступление на Армантьер не велось, немцы отравили город ипритом и обошли с севера. Обстрел «желтым крестом» оказался настолько действенным, что иприт буквально тек по улицам. Британцы (34-я дивизия) выскользнули из сжимающихся ипритных клещей у Армантьера и без боя отошли за реку Лис в ночь на 11 апреля, потеряв не менее 3 тыс. человек пленными и оставив 40 орудий. Из-за иприта германцы смогли войти в покинутый противником город только через две недели. Потери британцев в этом сражении отравленными достигли 7 тыс. человек. Максимальное продвижение германцев к 14 апреля – 17 км. В ночь с 15 на 16 апреля британцы оставили 4 км Ипрского выступа, включая Пашендаль³¹ [11, 64].

Днем 17 апреля части 4-й германской армии вышли к британским позициям горы Кеммель³², но с ходу взять их не смогли. Благодаря кропотливой работе британских саперов, укрепления горы Кеммель считались неприступными. В 1915 г. немцы неоднократно, но безуспешно пытались ее захватить. Фошем во Фландрию срочно была перебросена французская армейская группа (II и XX корпуса, и 34-я дивизия) с приказом «во что бы то не стало удержать гору Кеммель». 28-я французская дивизия сменила большую часть ее британских защитников. С 19 апреля лобовые атаки немцы прекратили. Пример захвата позиций союзников на горе Кеммель с помощью химического оружия хорошо иллюстрирует его тактические возможности в «умелых руках».

²⁹ На участке предполагаемого наступления 6-й армии было сосредоточено 230 легких батарей, 213 тяжелых и 25 батарей большой мощности, всего 1872 орудия, или 112 орудий/км фронта [64].

³⁰ Португальцев использовали в этой войне как «пушечное мясо» в обмен на британскую поддержку португальской империи в Африке [57].

³¹ Хейг уже 12 апреля считал свое положение настолько серьезным, что отдал распоряжение о подготовке к затоплению подступов к Дюнкерку и Кале, а также об эвакуации гражданского персонала [64].

³² Находится в 8 км юго-западнее Ипра. Высота горы 156 м. С нее открывался прекрасный обзор на германские и британские позиции (до Ипра). Обладание Кеммелем давало очень серьезные тактические преимущества на этом участке фронта [64].

Наступление на Кеммель планировал командующий 4-й германской армией генерал пехоты Фридрих Сикст фон Арним (Sixt von Arnim, 1851–1936). Артхимподготовка наступления проводилась в три этапа. На первом этапе, начавшемся 20 апреля, немцы поставили фланговое ипритное заграждение у Ипра к югу от Метерэна. Затем ипритное заграждение было установлено в тылу защитников Кеммеля: от Шерненберга до Крюстстрааецсука. Таким способом германцы отрезали гору от основных сил союзников. Подвоз боеприпасов, продовольствия и переброска подкрепления стали невозможными [4].

На *втором этапе*, перед самым наступлением, германская артиллерия провела прицельный обстрел артиллерийских батарей и пулеметных гнезд в окрестностях горы Кеммель. Стрельба велась снарядами «желтого» и «зеленого креста». Большая часть батарей и пулеметных гнезд союзников была подавлена. После того, как британские и французские части, спешившие на помощь гарнизону горы Кеммель, наткнулись на участки местности, зараженные ипритом, они прекратили попытки выручить гарнизон. Но эти же участки подсказали союзному командованию глубину предполагаемого наступления германцев [4, 58].

На *третьем этапе* артхимподготовки осуществлялась непосредственная химическая поддержка наступающей пехоты. Штурм горы Кеммель начался в 7 ч утра 25 апреля. В полосе наступления германская артиллерия выпустила большое количество снарядов «синего креста» и в меньшем количестве – снаряды «зеленого креста». Выходы из ставших известными немцам укрытий противника были обстреляны «желтым крестом». Противогазы французам не помогли. После нескольких часов интенсивной артхимстрельбы большая часть защитников горы Кеммель оказалась отравленной и выбыла из строя или не смогла покинуть укрытия из-за ипритных заграждений. Завершив химическую стрельбу, германская артиллерия постепенно перешла к стрельбе фугасными и осколочными снарядами, а пехота приготовилась к штурму, выжидая удобный момент для движения вперед. Как только ветер рассеял газовое облако, германские штурмующие части, сопровождаемые легкими минометами, огнеметами и огнем своей артиллерии, двинулись в атаку. Гора Кеммель была взята к 9 ч утра в тот же день. Немцы продвинулись на 2,5 км. Их энергич-

ные попытки 26 апреля и особенно 29 апреля овладеть другими имеющими тактическое значение высотами Фландрской возвышенности были сорваны противодействием противника и ипритными заграждениями, которые они сами ставили, начиная с 20 апреля [4, 22, 41, 64].

Потери союзников с 20 по 27 апреля составили около 8,5 тыс. человек отравленных (из них 43 умерших). Несколько батарей и 4,5 тыс. пленных (1,5 тыс. французов) достались победителю в ходе штурма Кеммеля. Германские потери были незначительны. Прочное занятие немцами горы Кеммель создало угрозу Ипрскому выступу, поэтому Хейг вынужден был сократить его 28 апреля еще на 4 км, приблизив почти к самому Ипру. К 1 мая обе стороны прекратили боевые действия. До порта Кале немцам оставалось 60 км, но их уже невозможно было пройти; и маятник качнулся в обратную сторону [4, 64].

Сражение на реке Эне (27.05–11.07.1918 г.) – второе германское наступление. Убедившись в том, что союзники перебросили свои основные силы (четыре армии) на север, во Фландрию, германское верховное командование подготовило два удара. *Первый отвлекающий удар* на Шмен-де-Дам³³ должен был быть нанесен 20 мая на французском фронте северо-восточнее Парижа, между Суасоном и Реймсом³⁴. Его цель – заставить союзников перебросить силы из Фландрии в Центральную Францию, после чего предполагалось в середине июня вновь нанести удар на британском фронте во Фландрии в направлении побережья (*второй удар*).

Местность для наступающих в районе Шмен-де-Дам была сложной и представляла собой естественную крепость. Французы укрепляли ее с 1914 г. При выборе тактики штурма немцы видели аналогию Шмен-де-Дама с Капоррето, но в значительно большем масштабе [64]. Прикрывающей участок фронта в районе Шмен-де-Дам 6-й армией командовал генерал Дени Огюст Дюшен (Denis Auguste Duchesne, 1862–1950)³⁵, ставший для Людендорфа настоящей находкой. Дюшен, обладавший исключительной неспособностью чему-либо учиться [57], расположил основную часть введенных ему войск на передовой линии, химическим подставив их под германские химические снаряды. Союзники ожидали очередного германского наступления, но под Ипром или между Аррасом и Альбером. О готовящемся наступлении в районе Шмен-де-Дам французское командование узнало днем 26

³³ Поросшие лесом невысокие горы, расположенные между реками Эллет и Эн.

³⁴ Река Эн протекает почти параллельно фронту наступления, отсюда такое название операции.

³⁵ В боевой линии находились 11 пехотных дивизий, занимавших по фронту 90 км от Реймса до Понтюза. В резерве находились 5 потрепанных в марте дивизий: 1 французская и 4 британских. Артиллерия насчитывала 1,4 тыс. стволов. Им противостояли 18 германских дивизий, 5,3 тыс. орудий, из них 1,6 тыс. – тяжелые [54, 64].

мая от пленных, т.е. за несколько часов до его начала [2, 64]. Начальник Генерального штаба Петен и офицеры французской ставки в Провене поняли, что этой ночью произойдет катастрофа. В течение нескольких дней никакие подкрепления не смогли бы добраться до французских позиций в районе Шмен-де-Дам. И даже потом их не могло бы прибывать более, чем две в сутки [41].

Катастрофа, ожидаемая Петеном и его штабом, пришла к ним в виде артиллерийского химического сражения. В час ночи 27 мая на 38 км участке фронта без пристрелки одновременно открыли огонь 5,3 тыс. орудий (140 орудий/км фронта). Артиллерия 7-й германской армии располагала: в батареях для борьбы с артиллерией противника – 80 % химических снарядов; в батареях подвижного заградительного огня – 40 %; в батареях запрещения – 70 %. За четыре часа немцы выпустили по французским позициям 2 млн снарядов, в основном химических. Химический обстрел носил беспрецедентно массированный характер. Обстрелу «синим» и «зеленым» крестом одновременно подверглись первая и частично вторая оборонительные полосы. Одновременно по первой полосе били минометы и газометы. Воздух был отравлен на глубину 16 км (до реки Вель). Французские фильтрующие противогазы вновь показали свою неэффективность. Воздействию иприта подверглись штабы дивизий и корпусов, железнодорожные станции, развилки дорог, отстоявшие на 16 км от переднего края. Так заявил о своем появлении на фронте новый тип германского химического снаряда – дальнобойный 15-см снаряд «желтый крест» с баллистическим наконечником [1, 64].

В 4 ч 40 мин германская артиллерия организовала двойной огневой вал нового типа (первый – химические снаряды, второй – осколочные). Бросками по 200 м вал продвигался вперед, проходя 1 км за 40–50 мин. За ним на всем фронте пошли в атаку штурмовые части 7-й армии. Атакующие нашли «оборону почти целиком отравленной или уничтоженной». В течение первого дня атаки немцы форсировали реку Вель и прорвались на 15–25 км в глубину обороны противника, нанеся серьезные потери оборонявшимся. Собранные Дюшеном на передовой линии войска все либо погибли, либо попали в плен. Таких темпов прорыва за один день на Западном фронте не знали с августа 1914 г. Уже 27 мая Фош начал переброску дивизий союзников из Фландрии к месту сражения у реки Эн [1, 41, 64].

В результате наступления 27 мая–5 июня части 7-й армии взломали оборонительную

систему французов на 80-км участке фронта и углубились на 60 км. Общие потери союзников составили 127 тыс. человек (55 тыс. пленными), германцев – 98 тыс. человек. Столь значительные достижения и потери убедили Людендорфа воздержаться от наступления во Фландрии, чтобы сконцентрировать силы для броска к Парижу. Немцы вышли к Марне 30 мая, до Парижа оставалось менее 70 км. Но по мере вступления в бой резервов союзников натиск германских войск ослабевал [54].

Как продолжение наступления 7-й армии с целью спрямления фронта у выступа, образовавшегося в результате наступления на Шмен-де-Дам, 9 июня 13 дивизий 18-й армии (командующий генерал Оскар Гутьер) предприняли наступление на Компьен. Артиллерийская подготовка атаки, начавшаяся после часа ночи, длилась 3,5 ч, и велась в основном химическими снарядами, однако была менее интенсивной, так как насыщение артиллерией не превышало 70 орудий/км фронта. Не было достигнуто ни внезапности наступления, ни значительного численного превосходства над французами. К тому же, в отличие от Шмен-де-Дама, прикрывавшей участок фронта в районе Компьена 3-й армией командовал генерал Умбер (Georges Louis Humbert, 1862–1921), полная противоположность Дюшену. Немцы столкнулись с заранее подготовленной эшелонированной обороной противника. Соответственно, более скромными получились и результаты наступления. До Компьена оставалось 7 км, когда 11 июня на фронте протяженностью в 10 км немцы были атакованы во фланг пятью дивизиями 10-й армии генерала Шарля Манжена (Charles Marie Emmanuel Mangin; 1866–1925), после чего дальнейшее наступление стало невозможным, 14 июня операция была прекращена [17].

Параллельно с операций по взятию Компьена, Людендорф не оставлял своих планов по созданию действительной угрозы Парижу. Он подготовил удар 7-й армии между лесом Виллер-Коттере и Марной с целью форсирования реки и создания германского плацдарма на ее южном берегу на участке от Глян до Вернель [64]. Осуществлению этого замысла помешал появившийся у французов иприт. Его первое применение французской артиллерией для поражения местности произошло в районе Марны в ночь с 16 на 17 и с 17 на 18 июня. Ипритные поражения получили 265 германских бойцов, из них 26 пострадали очень серьезно. Германская монополия на иприт была подорвана [15]. Так закончилось второе германское наступление. Время побед для германцев истекло, маятник остановился.

*Третье германское наступление – второе сражение на реке Марне (15.07–06.08.1918 г.)*³⁶. К июлю решимость обеих сторон покончить друг с другом достигла апогея. Людендорф спланировал наступательную операцию, ставшую почти полной копией осуществленной 21 марта – два сходящихся одновременно удара с промежутком между ними в 20 км (см. рисунок 19). Общая ширина полосы наступления – 70 км (включая 20-км промежуток). Справа от Реймса наступают 7-я и 1-я армии (главный удар фронта). У 7-й армии – задача форсировать Марну и вести наступление по ее обеим берегам. Слева от Реймса наступает 3-я армия. Ее задача – обеспечение левого фланга главного удара фронта. Направления двух ударов сходятся у Шалона, создавая угрозу Парижу с востока и юга. Окруженный Реймс должен был пасть сам. При успешном развитии наступления Фош будет вынужден перебросить резервы союзников из Фландрии на юг для обороны столицы. После чего кронпринц Рупрехт Баварский силами 4-й и 6-й армий обрушивается на британцев во Фландрии, довершает битву на Лисе и осуществляет атаку на порты Ла-Манша [41, 63].

Ситуация у союзников была уже иной, чем 21 марта. Благодаря рассказам пленных и перебежчиков, действиям авиаразведки и информации из других источников, британский и французский штабы детально знали планы германского командования, в том числе место, день и час наступления. В 00 ч 10 мин 15 июля французская артиллерия открыла предупредительный огонь по германской пехоте и артиллерии. В 1 ч 10 мин заговорили 9 тыс. германских орудий (110 орудий/км фронта). Грохот артиллерийской канонады и зарево от загоревшегося Шалона слышали и увидели в Париже (до Шалона 140 км). Германская артподготовка продолжалась 4 ч, 80 % использованных снарядов – химические («синий» и «зеленый крест») [63].

Однако артхимподготовка наступления оказалась малорезультативной. Французы осуществили на практике германский принцип эшелонированной обороны в глубину и заранее очистили первую линию обороны. Германская пехота 1-го и сгрудившегося за ним 2-го эшелона была встречена губительным артиллерийским огнем. Переменивший направление ветер отнес пары ОВ на германские ударные части, французские позиции атаковать пришлось в противогазах. Отравлений собственными ОВ избежать не удалось³⁷. При дальнейшем продвижении германская пехота обнаружила, что

промежутки между отдельными позициями французов и мертвые зоны отравлены ипритом. Под огнем неподавленных французских батарей ей с трудом удалось продвинуться на несколько километров и форсировать Марну. Дальнейшее продвижение было остановлено на второй линии обороны французских войск, не тронутой германской артиллерией. Успехов не было и 16–17 июля. Инициатива полностью перешла к Фошу – 18 июля командующий 10-й французской армией генерал Шарль Манжен ударил во фланг и тыл 7-й германской армии, бросив в бой у Виллер-Котре 235 танков. Танки шли под прикрытием огневого вала и в первый же день атаки продвинулись вглубь германской обороны на 10 км. Обстрелу химическими снарядами в небывалом до этого масштабе подверглись позиции 3-й германской армии. Реймс не сдался и представлял угрозу флангам 7-й и 3-й германских армий. 21 июля немцы ушли с южного берега Марны и отказались от наступления во Фландрии. Отход войск осуществлялся в ночное время, переправы уничтожались, пути отхода заражались ипритом. Все эти меры германцев не позволили союзникам окружить южный фас Марнского выступа и вынудили их действовать чрезвычайно осторожно. Одновременно Людендорф приступил к эвакуации войск с Байольского выступа на реке Лис. 4 августа операции обеими сторонами были прекращены, Марнский и Байольский выступы ликвидированы [1, 17, 63].

Обобщая опыт применения химических снарядов артиллерией в больших германских наступлениях весны 1918 г., А.А. Сыромятников [11] выделил 6 периодов артиллерийской химической подготовки наступлений.

Первый период – общее химическое нападение: огонь открывался из всех орудий внезапно и до рассвета, велся снарядами «синий крест» в течение 10 мин при наибольшей скорости стрельбы.

Второй период заключался в химическом нападении на артиллерию союзников продолжительностью в 65 мин при высокой скорости стрельбы. Каждую батарею союзников обстреливали три-четыре германских батареи. Использовались снаряды «зеленого» и «синего креста».

Периоды с третьего по пятый, всего 85 мин – обстрел выявленных пехотных позиций при высокой скорости стрельбы. Применялся и «синий крест» на дистанции 900 м впереди собственной пехоты, а частью, при благоприятной погоде, и «зеленый крест» на

³⁶ Первое сражение на Марне состоялось 5–12 сентября 1914 г. и закончилось поражением германской армии.

³⁷ С потерями от собственных ОВ немцы мирились, учитывая общее значение химического оружия в успехе наступательных действий. При любом наступлении командиры германских пехотных частей требовали химической поддержки [22].

несколько большие дистанции. Одновременно батареи, назначенные преимущественно для борьбы с артиллерией противника, продолжали комбинированную стрельбу по неприятельской артиллерии. Если при этом применялся «зеленый крест», то производился точный расчет времени, к которому собственная пехота могла предположительно дойти до обстреливаемых пунктов.

Артиллерийская подготовка заканчивалась (шестой период) подвижным заградительным огнем (см. выше «двойной огневой вал»), для которого наряду с фугасными и осколочными снарядами применялся также «синий крест», хотя не ближе 600 м впереди своей пехоты.

Химическое оружие в контрнаступлении союзников (18.07–11.11). Германия проигрывала войну, но на ее капитуляцию до конца 1918 г. союзники не рассчитывали³⁸. Ими предпринимались чрезвычайные меры по снабжению фронта артиллерийскими системами, танками, бронемашинами, самолетами³⁹ и химическим оружием. Конструктивно новых химических боеприпасов на фронте у союзников не появилось, один и тот же тип химического снаряда они снаряжали разными ОВ, меняя только внешнюю маркировку и его тактическое предназначение в инструкциях (рисунок 21).

К 1918 г. химическая дисциплина войск союзников и индивидуальные средства защиты от ОВ уже превосходили германские. Французским химикам удалось наладить производство иприта низкого качества, но в количествах, к концу войны превышавших потребности артиллерии. В марте они произвели 240 кг, апреле – 7 т, мае – 150 т, июне – 200 т, июле – 270 т, августе – 280 т, сентябре – 340 т, октябре – 510 т, ноябре (до 11 ноября) – 200 т. Всего 2 тыс. т. Немцы получали иприт по сложному способу Майера-Фишера. Чистота германского иприта достигала 95 %. Союзники пошли по более простому пути получения иприта, используя более дешевый способ Левинштейна. Доля основного вещества в нем не превышала 80–85 %. Он содержал большое количество серы, в связи с чем плохо хранился. Однако хранить его не предполагалось. С апреля по ноябрь 1918 г. французы снарядили ипритом 2,5 млн снарядов, из них 2 млн применили по германским позициям [34].

Врачи различали поражения немецким и французским ипритом. Для французского иприта характерны более тяжелые поражения кожи и особенно глаз, чем для германского [66]. Последнее обстоятельство мало беспокоило

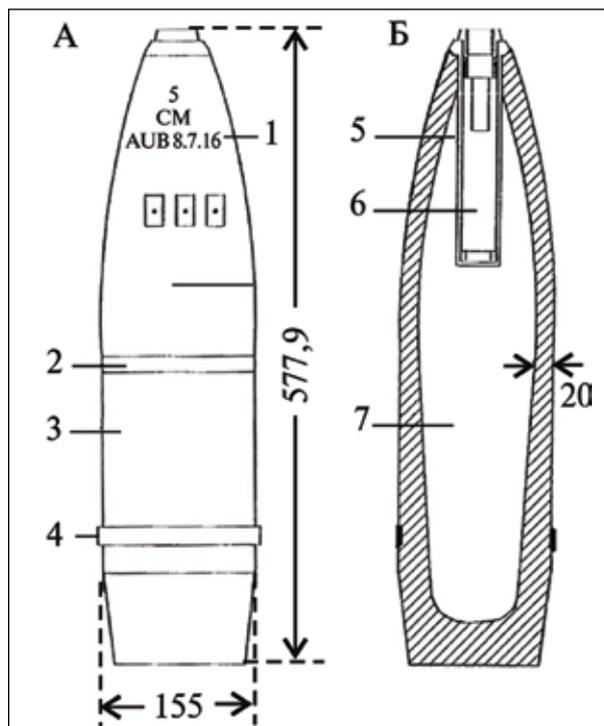


Рисунок 21 — Типовой французский 155-мм гаубичный химический снаряд конца Первой мировой войны. Размеры указаны в мм.

(А – внешний вид. Б – поперечное сечение. 1 – маркировка. Цифра в головной части снаряда указывает заполнение определенным ОВ или их смесью (№ 5 – коллонит, т.е. смесь, состоящая из 75 % фосгена и 25 % дымообразователя; № 7 – аквинит: смесь хлорпикрина и дымообразователя, 75 % и 25 % соответственно; № 20 – иприт, появился в июне 1918 г.). «СМ» – буквенное обозначение фосгена и мышьяковистого соединения. Ниже сокращенное обозначение города, где заполнен снаряд (Aub – Аубервиль) и дата заполнения. Каждый квадрат имеет маркировку в центре (масса снаряда, серия и т.п.). 2 – маркировочная полоса (№ 5 – белая, № 7 – оранжево-желтая, № 20 – две оранжево-желтые полосы вокруг центральной части корпуса). 3 – корпус снаряда зеленого цвета. 4 – ведущий пояс. 5 – гнездо для взрывателя МК III (контактный, мгновенного действия)¹. 6 – разрывной заряд (пикриновая кислота – 95 г). 7 – ОВ. Масса снаряда для № 20 – 43 кг, масса ОВ для № 20 – 3,45 кг [65])

¹ Головка взрывателя МК III касается почвы на 0,0005 с раньше, чем оживальная часть снаряда, мгновенная детонация разрывного заряда происходит еще над поверхностью земли. Взрыватель производился в США [19].

³⁸ У. Черчилль отметил в своих воспоминаниях, что даже в октябре они не рассчитывали на окончание войны в 1918 г. [41].

³⁹ О достижениях конца войны в области конструирования и производства стрелкового оружия, танков, бронемашин, самолетов [16–19, 43, 44, 54, 60].

любящих поговорить о гуманизме западных союзников, так как на практике оказалось, что «этот нечистый продукт причиняет значительно больше страданий, чем такое же количество чистого вещества. Поэтому никакой первоначально предполагавшейся очистки иприта не производилось» [30].

Германские химики продолжали совершенствовать химическое оружие почти до самого конца войны. Они догадались, как уменьшить летучесть фосгена и тем самым увеличить продолжительность действия его паров на позициях противника. Снаряды «зеленого креста» снаряжали размельченной пемзой, пропитанной фосгеном. Фосген равномерно испарялся из кусочков пемзы, разбросанных по земле взрывом боеприпаса, примерно в течение одного часа. В июне 1918 г. немцы стали применять снаряды «синего креста» с дифенилцианарсином, а в сентябре 1918 г. – со смесью (1:1) дифенилхлорарсина и высокотоксичного эметика N-этилкарбазола ($t_{пл} = 67\text{ }^{\circ}\text{C}$). Но их возможности вести химическую войну, опережая союзников в передовых разработках, катастрофически таяли. Профессором Генрихом Вилландом (Heinrich Wieland, 1877–1957) в 1917 г. в Институте физической химии и электрохимии кайзера Вильгельма было синтезировано ОВ, позже названное люизитом (бета-хлорвинилдихлорарсин), однако его промышленного производства германские химики организовать не смогли. Сказалось отсутствие запасов мышьяка, технологий промышленного получения бета-хлорвинилдихлорарсина и критическое отношение некоторых известных химиков, в том числе и Габера, к его боевым возможностям ⁴⁰.

После провала в июле германского наступления на Марне союзники захватили инициативу на поле боя. Они умело использовали артиллерию, танки, химическое оружие. Со-

юзная авиация господствовала в воздухе. Благодаря развертыванию американской армии их людские и технические ресурсы были теперь неограниченными. В районе Амьена 8 августа 4-я британская армия прорвала оборону 2-й германской армии по фронту 14 миль, потеряв значительно меньше людей, чем обороняющиеся⁴¹. Этот день Людендорф назвал «черным днем» германской армии [21]. Начался период войны, который западные историки называют «100 дней побед». Германская армия была вынуждена отходить на Линию Гинденбурга в надежде там закрепиться [14].

Химическая промышленность Франции и Великобритании уже производила ОВ в таких количествах, что химические снаряды можно было не экономить. В начале сентября британцы впервые применили собственные ипритные снаряды. В последнюю неделю сентября французская артиллерия доставила на позиции немцев 984 т иприта⁴². Тогда же британцы опробовали в бою подвижные газометные батареи, представлявшие собой деревянные сани с установленными на них 24 газометами Ливенса, которые затащивали танками в участки прорыва германской обороны [15].

Германская химическая промышленность, лишенная сырья, сдавала свои позиции. Серы и мышьяка не хватало даже для поддержания уровня производства иприта и арсинов начала года. Война сразу же потребовала все произведенные химические снаряды. В оставленных германцами в сентябре арсеналах союзники нашли только 1 % химических снарядов. В сентябрьских операциях перевес в массированной артиллерийской химической стрельбе прочно перешел к союзникам. Немцам в оборонительных боях под Сен-Миэль (12.09–19.09.1918 г.) и в Маас-Аргонской операции (26.09–15.10.1918 г.) для сдерживания наступления англо-францу-

⁴⁰ Роль немедленно действующего кожно-нарывного ОВ германскими военными во время войны была отведена этилдихлорарсину [32]. Недооценка Габером люизита как ОВ была вызвана тем, что он рассматривал его как самостоятельное ОВ. Люизит «благополучно дожил» до запрета химического оружия в 1993 г. в составе ипритно-люизитных рецептур. Люизит превосходит иприт по быстродействию на слизистые и кожу и затвердевает при более низкой температуре, чем иприт ($t_{пл} = \text{минус } 10\text{--}15 \text{ и } 14,5\text{ }^{\circ}\text{C}$ соответственно). В свою очередь иприт более стоек на местности, относительно устойчив к детонации и дает более тяжелые поражения, чем люизит. Ипритно-люизитная рецептура сохраняет уровень токсичности иприта, быстродействие люизита, а затвердевает при более низкой температуре по сравнению с ипритом. Добавление люизита к иприту делает ненужным добавление понижающих его токсичность лакриматоров (например, дихлорметилового эфира и триоксиметилена; см. рисунок 17, Г) [67].

⁴¹ Силы 4-й британской армии составляли 13 пехотных и 2 кавалерийские дивизии, 17 эскадрилий, 10 батальонов тяжелых танков Mk5 и Mk* (360 машин), 2 батальонов легких танков «Уиппет» (96 машин) и более 2000 орудий и гаубиц, в том числе 672 тяжелых орудия. Две трети тяжелой артиллерии было предназначено для контрбатарейной стрельбы. На германской стороне британцам противостояли около 6 неполных дивизий (не более 3000 штыков в каждой) 2-й германской армии. Численная слабость этих дивизий увеличивалась еще слабостью их оборонительных сооружений. В наспех оборудованной передовой линии германцев не было даже обычных глубоких блиндажей и убежищ [2].

⁴² Простой расчет показывает, что для этого нужно выпустить по германским позициям не менее 285 тыс. химических 155-мм снарядов № 20 (см. рисунок 21).

зов и американцев катастрофически не хватало снарядов «желтого креста» [1]. Однако британский историк признает, что даже при значительно уменьшившемся количестве примененного немцами иприта, он оставался фактором, серьезно сдерживающим наступление союзников в этих операциях [15].

Обстрелы химическими снарядами, осуществляемые союзниками, стали обыденностью любой артиллерийской подготовки наступления, о них перестали даже писать. Химическое оружие применялось союзниками до самого последнего дня войны. Например, ефрейтор Алоис Шикльгрубер, известный больше под псевдонимом Адольф Гитлер (1889–1945), получил поражение глаз ипритом 10 ноября [57]⁴³.

4 октября британские войска прорвали Линию Гинденбурга. В конце октября в Германии начались беспорядки, приведшие к крушению монархии и к провозглашению республики. 11 ноября в Компьене подписано соглашение о прекращении военных действий. Первая мировая война закончилась, ее химическая составляющая была предана забвению. А «забыть» было что!

Итоги применения химического оружия в Первую мировую войну. В начале войны представления о химическом оружии были смутными, британцы начали с того, что пытались дать «вторую жизнь» нереализованному под Севастополем в 1855 г. проекту лорда Дандональда по сжиганию куч серы при попутном ветре. Но к концу войны сражающиеся стороны успешно применяли химическое оружие друг против друга в наступательных и оборонительных видах боевых действий оперативного масштаба. Химическое оружие в Первую мировую войну создавалось для выхода из «позиционного тупика». Газопуск под Ипром 22 апреля 1915 г. показал большие возможности химического оружия, его применение стало неотъемлемым тактическим приемом в наступлении на подготовленную полосу обороны. В 1915–1916 гг. применение химического оружия для преодоления первой линии обороны противника изменило построение боевых порядков путем их рассредоточения и переноса в глубину полосы обороны. Менялся и подход к выбору ОВ. Химическая война началась с использования инкапситуантов (бромацетон, бромметилкетон и др.)⁴⁴ и малотоксичных уду-

шающих ОВ – хлора или брома, постепенно приняла крайнюю форму, подразумевавшую уничтожение противника ОВ смертельного действия. Масштабы применения химического оружия значительно возросли – от разовых газопусков до включения в артиллерийские парки 30–50 % химических снарядов различного тактического назначения. Газобаллонные пуски не оправдали своими результатами сложности их подготовки и к концу 1916 г. утратили свое значение. Применение же 50 % и более химических снарядов считалось залогом успешности подавления обороны противника. В этом случае достигалась тактическая и оперативная внезапность. «Газовые прямоугольники» создавались на площадях в десятки квадратных километров, «ипритные желтые пространства» неделями занимали сотни квадратных километров территории противника.

В 1917 г., благодаря химическому оружию, германской армии удалось преодолеть противоречие между продолжительной артиллерийской подготовкой и внезапностью наступления. Химическое оружие немцы начали применять для сокращения продолжительности артиллерийской подготовки наступления с нескольких суток до нескольких часов и как альтернативу танковым атакам.

Достижения в области химического синтеза ОВ, совершенствование материальной базы артиллерии и тактики артхимстрельбы (например, «стрельба разноцветным крестом»), значительно увеличили поражающую способность химического оружия. По оценке Н.С. Антонова, за Первую мировую войну ингаляционная токсичность ОВ по сравнению с токсичностью изначально примененного хлора выросла в 14,6 раза (за счет люизита) [67]. Кроме ОВ, поражающих человека через дыхательную систему, с июля 1917 г. широко применялись вещества, способные вызывать калечащие поражения через кожу и слизистые поверхности (этилдихлорарсин, иприт) и пробивать фильтры противогазов, работавших на принципах неспецифической сорбции и химического поглощения паров ОВ⁴⁵. В странах обоих блоков было налажено производство ОВ в промышленных масштабах (рисунок 22).

Всего за годы Первой мировой войны применено 125 тыс. т различных ОВ. В боевых условиях проверена поражающая эффективность

⁴³ По другим данным, Шикльгрубер получил поражение ипритом на месяц раньше, в ночь с 13 на 14 октября во Фландрии [15] во время артхимподготовки наступления британских и бельгийских войск в направлении Гента (14.10–20.10.1918), приведшего к захвату баз германских подводных лодок в Зеебрюгге и Остенде (Бельгия) [64].

⁴⁴ В настоящее время такое оружие называют оружием нелетального действия.

⁴⁵ Ароматические мышьякорганические соединения с высокой температурой кипения: дифенилхлорарсин и др. (см. Химическая война на Западном фронте в 1917 г. // Вестник войск РХБ защиты. Т. 1. № 2. С. 51–58).

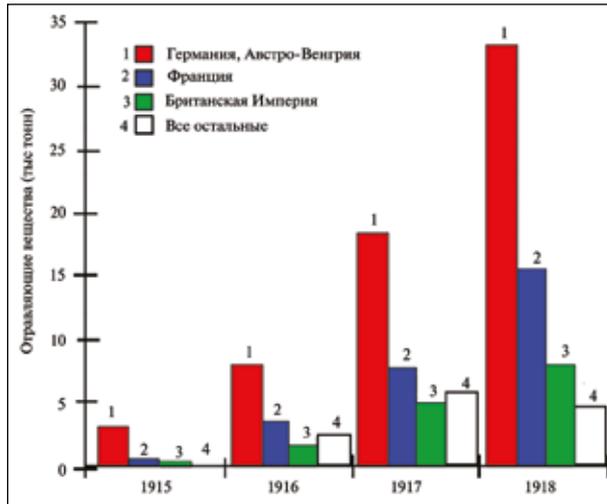


Рисунок 22 — Рост производства ОВ во время Первой мировой войны) [5]

45 химических веществ. Только Германия произвела 76 тыс. т ОВ и снарядила ими 34 млн шт. снарядов, Франция произвела 10 млн шт. химических снарядов разных типов [1, 47]. Количественный рост артиллерии позволил вести массированную химическую стрельбу по фронту соприкосновения с противником протяженностью до 100 км (операция «Михаэль», 21.03–04.04.1918 г.). Усовершенствование артиллерийских систем дало возможность поражать противника химическими средствами на всю глубину первой полосы обороны, и даже наносить химические удары по расположению штабов дивизий (7–9 км) и штабов корпусов – 10–15 км (германские химические снаряды крупных калибров с баллистическим накопчиком, май 1918 г.).

О том, какое значение химическое оружие приобрело в последний год войны, говорят по-

тери американской армии. Абсолютное число потерь американской армии от ОВ составило 70752 человека, или 27 % общих потерь, составивших 258752 человека⁴⁶. Для германской армии процент потерь от ОВ – 1,88 %; для французской – 5,97 %; для британской – 8,79 %. Столь значительный процент потерь от ОВ в американской армии (при наличии противогазов!) объясняется тем, что она приняла участие в боевых действиях лишь во второй половине 1918 г., когда химическое оружие достигло максимального совершенства и получило максимально широкое применение на фронте. Прочие же армии несли колоссальные потери с самого начала войны, поэтому процент потерь от ОВ у них меньше американских [1].

Анализ потерь от различных видов химического оружия, проведенный британскими исследователями, показал, что массовые потери британцев вызывала артхимстрельба. Наибольший же процент погибших среди пораженных ОВ имел место в результате применения газометов (таблица 1).

Причины высоких потерь среди военнослужащих, подвергнувшихся газометному нападению в конце войны, понятны – фильтрующие противогазы не способны защитить человека от высоких концентраций паров ОВ, создаваемых газометным залпом [68]. В то же время газометные нападения сложнее подготовить и осуществить, чем артхимстрельбу [4]. Поэтому артиллерия стала универсальным средством химического поражения и взаимного истребления в Первую мировую войну [11].

Массированное применение химических снарядов различного тактического назначения с нестойкими ОВ («зеленый» и «синий крест») для подавления артиллерийских батарей про-

Таблица 1 — Структура британских потерь в химической войне 1915–1918 гг. [68]

Отравляющее вещество (дата химической атаки и использованное химическое оружие)	Количество пораженных	Количество погибших	% погибших пораженных
Хлор (газобаллонные атаки апреля и мая 1915)	7000	350	5*
Лакриматоры (химические снаряды, май 1915–июнь 1916)	Не известно	Нет	Нет
Хлор+фосген (газобаллонные атаки, декабрь 1915–август 1916)	4207	1013	24*
Дифосген (химические снаряды, июль 1916–июль 1917)	8806	532	6
Иприт, фосген и хлорарсины (химические снаряды, июль 1917–ноябрь 1918)	160526	4086	2,5
Фосген (газометы, декабрь 1917–май 1918)	444	81	18,2
Всего	180983**	6062	3,3

* У военнослужащих не было эффективных противогазов.
** Из них 120 тыс. человек были поражены ипритом.

⁴⁶ От поражения ОВ умерли 1462 американца, всего погибли в боях и умерли в госпиталях от ран и ОВ 52462 американца.

тивника в сочетании с методом уточненной стрельбы и централизованным управлением артиллерией, позволило германскому командованию изменить тактику наступления, сократить продолжительность артиллерийской подготовки с нескольких суток до нескольких часов и добиться его внезапности. Осенью 1917 г. впервые появилась возможность изменить позиционный характер войны благодаря применению двух технических новшеств: танков (союзники) и химического оружия (германцы). В боях под Камбре (20.11–06.12.1917 г.) оба этих подхода к прорыву обороны противника столкнулись между собой с ничейным результатом⁴⁷.

Большие германские наступления на Западном фронте весны 1918 г. показали, что насыщение войск артиллерией и дополнение артиллерийской химической стрельбы снарядами со стойким ОВ (иприт) привели к появлению нового вида вооруженной борьбы – *артиллерийского химического сражения*. Такое сражение включает объединенные единым замыслом наступательные или оборонительные боевые действия, осуществляемые оперативными объединениями (армиями), в которых завоевание огневого превосходства над противником; дезорганизация его системы управления войсками и оружием; разгром противостоящих группировок противника оперативно-тактического уровня (корпус); срыв формирования, развертывания и нанесение поражения его резервам, находящимся в тактической глубине; захват или удерживание важных рубежей для подготовки последующих операций и др., в основном достигаются при помощи маневра массированным артиллерийским химическим огнем.

Однако артиллерийское химическое сражение возможно в условиях малой подвижности войск. Оно готовилось месяцами, проводилось из состояния обороны и прекращалось возвращением в это же состояние. Для эффективного химического обстрела требовались тысячи орудий, ведущих артподготовку по единому плану, а также миллионы химических снарядов различного тактического назначения. Но в силу своих уязвимых форм ведения боя артиллерия сама стала более удобным объектом химического нападения по сравнению с пехотой. И какого бы совершенства ни достигали тактические приемы применения химических снарядов, успех химических артиллерийских нападений трудно было прогнозировать в конкретной обстановке из-за менявшихся метеорологических условий.

Кроме того, в педантичности герман-

ских подходов к ведению химической войны заключалась одна из причин ее проигрыша. Категорическое требование германских инструкций применять для обстрела полосы наступления снаряды с нестойкими ОВ («зеленый» и «синий крест»), а для прикрытия флангов – снаряды «желтого креста» (со стойким ОВ), приводило к преждевременному раскрытию замысла сражения [1].

Союзники только в период подготовки операции «Михаэль» (март 1918 г.) полностью были сбиты с толку ложными германскими ипритными заграждениями. Впоследствии, по сопоставлению с другими признаками готовившегося наступления (опрос перебежчиков и пленных, обнаружение замаскированных полевых аэродромов, артиллерийских позиций, госпитальных баз и др.), они научились отделять ложные ипритные заграждения от тех, которые будут прикрывать наступающие войска с флангов, определять направление и предполагаемую глубину развития прорыва. При штурме горы Кеммель генерал фон Арним, сам того не желая, ипритом «очертил» союзникам пределы своего наступления. В условиях быстро менявшейся ситуации на фронте, даже непродолжительная артиллерийская подготовка наступления химическими снарядами со стойкими и нестойкими ОВ, давала в руки союзного командования контуры германского плана и исключала одно из главных условий его успеха – внезапность. Соответственно, принятые союзниками меры в значительной степени снижали последующие успехи грандиозных химических атак германцев. По заключению А. Де Лазари (1880–1942) [1], выигрывая в оперативном масштабе⁴⁸, немцы ни одним из своих «больших наступлений» весны 1918 г. не достигали поставленных стратегических целей.

Но во второй половине 1918 г. химическое оружие стало проигрывать другому соперничавшему с ним боевому средству прорыва укрепленной полосы обороны противника – танку. Дело тут не только в способности танка разрушать проволочные заграждения, уничтожать пулеметные расчеты и своей броней экономить расход «живой силы». С попыток прорыва немцами французской обороны в сентябре 1914 г. под Марной (Первая Марна, 5.09–12.09.1914 г.), а потом и под Верденом (24.02.1915 г.) существовала проблема тактического преследования на поле боя.

Преследовать врага через «пролом» в его обороне (химический или танковый) было некому и не на чем. Построение боевого порядка

⁴⁷ См. Химическая война на Западном фронте в 1917 г. // Вестник войск РХБ защиты. Т. 1. № 2. С. 51–58.

⁴⁸ Например, разгром 5-й британской армии 21 марта 1918 г. (см. Химическое оружие в больших германских наступлениях // Вестник войск РХБ защиты. Т. 1. № 3. С. 57–65).

наступающих частей, сложившееся перед войной, не предусматривало его глубокого тактического эшелонирования и кинетическая энергия наступления пехоты быстро таяла по мере продвижения вглубь первой полосы обороны противника. Влиться в брешь и довершить атаку оперативным развитием прорыва было невозможно. Уплотнение и эшелонирование боевого порядка, осуществляемое воюющими сторонами в ходе войны, не приносило оперативных результатов. Кавалерия не могла продвигаться под пулеметным огнем по изрытым воронками пространствам, каких-то механизированных, прикрытых броней транспортных средств, позволявших быстро развить наступление за пределы первой полосы обороны, не существовало. Двигаться через «пролом» можно было пешком и на гужевом транспорте. А так как дальности артиллерийской стрельбы хватало лишь на то, чтобы подавлять цели в глубину 3–5 км, то задачи пехоты могли быть определены только этой дистанцией артиллерийской поддержки. Для дальнейшего наступления необходимо было заново организовать атаку, введя новые эшелоны атакующих, выдвинув вперед сотни артиллерийских батарей и доставив на позиции миллионы химических, фугасных и осколочных снарядов. Но качественно ничего нового в тактику наступления эти эшелоны не вносили, а становились жертвой замаскированных пулеметов, снарядов в химическом и обычном снаряжении, и контратак пехоты, выдвигавшейся из глубины обороны противника [55]⁴⁹.

Следовательно, массированная артхимстрельба конца Первой мировой войны в контексте германских наступлений весны 1918 г. представляла собой предельную эксплуатацию технических возможностей артиллерийских систем. Возможности дальнейшего технического развития артхимстрельбы (повышение дальности артиллерийских систем, массы забрасываемого ОВ, массированности артиллерийского

огня, подвижности и маневра на поле боя артиллерией и др.) в наступлениях весны 1918 г. были исчерпаны. Ее же тактические возможности на уже достигнутом техническом уровне оказались обесценены применением на поле боя танков. Летом 1918 г. относительно быстро организуемые танковые прорывы сделали устаревшим проявившийся в конце 1917 г. новый вид вооруженной борьбы – *артиллерийское химическое сражение*.

Умелое использование союзниками танков произвело на германцев тяжелое впечатление некой другой войны, которой они не могли противостоять⁵⁰. Массовый ввод в бой 18 июля танковых бригад во время второго сражения на Марне (235 танков) и в сражении 8 августа у Амьена (455 танков) при огневой и авиационной поддержке, обеспечивших войскам союзников прорыв через укрепленную полосу обороны германцев на глубину 10–12 км, указал пути развития тактики наступления на послевоенное время. Но проблема прорыва оперативного масштаба без применения химического оружия была преодолена только в годы Второй мировой войны созданием ударных танковых армий.

Если бы война продолжилась в 1919 г. Даже в октябре 1918 г. союзники не рассчитывали на успешное окончание войны в этом году [41]. Во второй половине 1918 г., имея подавляющее превосходство над германскими вооруженными силами в танках, авиации, артиллерии и в личном составе⁵¹, союзники добились и многократного военно-химического превосходства. У них не было никаких правовых или моральных ограничений, препятствовавших применению против Германии всей своей химической мощи. По мнению союзников, это Германия нарушила правила ведения войны, определенные в Гааге в 1899 и 1907 гг., а они лишь действовали в ответ.

Иприт. В декабре 1918 г. производство «короля газов» – иприта во Франции могло быть доведено до 40 т/сут., т.е. 1200 т/мес. В США

⁴⁹ В этом и заключалась невозможность превращения германского тактического успеха 22 апреля 1915 г. под Ипром (прорыв двух линий обороны на фронте 5 км и в глубину 4–5 км) в оперативный (выход германских войск к Ла-Маншу). Само построение наступательных боевых порядков того времени и их подвижность не предполагали развития наступления на оперативную глубину. Двигаться германцы могли только пешком и на гужевом транспорте. Нанести огневое и химическое поражение противнику на всю глубину оперативного направления (вывести из строя его резервы, транспортные узлы и коммуникации) им было нечем. Союзники, действовавшие на своей территории с разветвленной сетью железных дорог и обладавшие значительными резервами, располагали возможностью наносить удары по флангам наступающей группировки. Провал гордо лучше подготовленного германского наступления во Фландрии весной 1918 г. (04.04–01.05.1918 г.) стал тому подтверждением. После германского артиллерийского химического удара 21 марта и беспорядочного отхода союзников в разные стороны, 24 марта между 5-й британской и 6-й французской армиями образовался разрыв в 15 км, однако Людендорф не смог его использовать, он не обладал подвижными оперативными эшелонами, способными осуществить глубокий прорыв обороны противника. Идея создания ударных армий для развития наступления на оперативную глубину появилась только в конце 1920-х гг. на другой материальной базе [55, 63].

⁵⁰ Во время летних боев 1918 г. у немцев было всего 10 танков [63].

⁵¹ К 1 ноября 1918 г. общая численность американских войск во Франции составляла 1868 тыс. человек. Это были хорошо подготовленные и оснащенные войска, не изнуренные длительной войной.

производство иприта началось в июне 1918 г. с 1,5 т/сут., но в декабре суммарная производительность американских химических предприятий по иприту составляла 150 т/сут., или 4500 т/мес.⁵² При необходимости США могли увеличить производство иприта в несколько раз [24]. На момент подписания перемирия 11 ноября 1918 г. союзникам из США было отправлено 150 тыс. 75-мм снарядов, снаряженных ипритом [4], в портах США готовилось к погрузке 2,5 тыс. т иприта в контейнерах [69]⁵³. С июля 1918 г. иприт производился в Великобритании. Италия готовилась наладить производство иприта в первые месяцы 1919 г. [24]⁵⁴. Количество иприта, производимого союзниками, в начале 1919 г., было немыслимым для Германии на максимуме ее производства ОВ.

Люизит. В 1918 г. Германия утратила монополию на производство современных и более эффективных ОВ. Проблема длительного периода развития экспозиционных поражений ипритом была преодолена с началом производства в США люизита. Такое название ОВ дано по имени американского химика Уинфорда Ли Льюиса (Winford Lee Lewis, 1879–1943), описавшего его физико-химические и поражающие свойства⁵⁵. Люизит – первое ОВ, созданное специально для войны. Американцы предполагали его применять с летательных аппаратов (самолетов и дирижаблей), поэтому он получил второе название — «роса смерти». Производство люизита началось на химическом заводе в Уиллоуби (пригород Кливленда, штат Огайо) в ноябре 1918 г. Для полного сохранения в тайне технологии получения люизита 800 человек техников и рабочих добровольно отказались от любой связи с внешним миром до конца войны [32].

Люизит представляет собой бесцветную маслянистую жидкость со слабым запахом герани и сильным раздражающим действи-

ем на слизистые оболочки глаза и носа. Кожно-нарывное действие люизита проявляется без скрытого периода. По ингаляционной токсичности люизит несколько превосходит иприт: среднесмертельная доза паров люизита (Lct_{50}) – 1200–1500 мг×мин/м³; для иприта Lct_{50} – 1500 мг×мин/м³. Средняя смертельная доза (LD_{50}) при попадании жидкого люизита на кожу человека меньше в два раза, чем у иприта (40–50 и 100 мг/кг соответственно) [5]. Благодаря нарывному действию, малой упругости пара и летучести, считалось возможным использовать его в капельно-жидком состоянии для заражения местности авиацией. Минимальную плотность заражения местности люизитом оценивали в 50 г/м². Стойкость на местности у люизита меньше, чем у иприта, из-за его большей летучести и способности к гидролизу. Летом в пасмурную погоду в окопах он держался 12–14 ч, зимой в оттепель 2–3 сут, в сухую погоду – 6–7 сут. По совокупности физических свойств люизит относили к зимним стойким ОВ, иприт – к летним [32].

Ароматические арсины. Немцы за годы войны произвели 5,8 тыс. т дифенилхлорарсина. Союзники почти всю войну оставались беззащитными против этого ОВ, диспергированного специальными снарядами (см. рисунок 12) до состояния нано- и субмикронных частиц. Но во второй половине 1918 г. немцы утратили монополию на его производство. В конце августа 1918 г. в Великобритании был запущен завод, производивший 2–3 т дифенилхлорарсина⁵⁶ в неделю и начато строительство еще нескольких заводов значительно большей мощности. Тогда же британцами был построен завод по производству *адамсита* (дигидрофенарсазинхлорид, дифениламинхлорарсин), рассчитанный на ежедневное производство 10 т этого ОВ. Для применения адамсита на поле боя британские

⁵² Германия на максимуме возможностей химической промышленности производила в месяц не более 3 тыс. т всех ОВ [70].

⁵³ Всего месячная производительность химических заводов в США на начало ноября (без иприта) достигла: 900 т фосгена, 1200 т хлорпикрина, 2000 т хлора. Снаряжалось 5,5 млн шт./мес. химических снарядов различного типа и тактического назначения [4].

⁵⁴ В СССР производство иприта начато только в 1924 г. [47].

⁵⁵ Под люизитом тогда понимали смесь из трех токсичных мышьякорганических соединений, названных альфа-, бета- и гамма-люизитами. В литературе 1930-х гг. использовались и другие тривиальные названия: первичный, вторичный и третичный люизиты; люизиты А, В и С. Льюису удалось увеличить выход бета-хлорвинилдихлорарсина путем введения в реакционную смесь хлористого алюминия в качестве катализатора и очищения его перегонкой [71]. После разработки во время Второй мировой войны С.Л. Hewett способа получения технического люизита, позволяющего получать бета-хлорвинилдихлорарсин с выходом 85–90 % [72], под названием «люизит» стали понимать именно это соединение. Те 150 т полученного в конце Первой мировой войны сильно загрязненного примесями и нестабильного продукта, называемого «люизит», который не успели вылить на германские города, американцы утопили в море [32]. В СССР производство люизита было налажено только в годы Великой Отечественной войны [47].

⁵⁶ Используемая британцами технология давала на выходе смесь, состоявшую из ~80 % дифенилхлорарсина и ~20 % фенилдихлорарсина [24], но до конца войны снаряды, снаряженные этой смесью, британцам применить на фронте не удалось [4].

химики изобрели специальные боеприпасы *термогенераторного типа*, за несколько секунд до взрыва расплавлявшие ОВ. Такой расплавленный адамсит при разрыве боеприпаса распространялся в воздухе в виде тумана, легко проникавшего сквозь фильтры противогазов и сильнейшим образом раздражавшего слизистую поверхность глаз, носа и гортани⁵⁷. Производство дифенилхлорарсина и адамсита было налажено во Франции, строительство аналогичных заводов велось в Италии [24].

Вязкие (загущенные) рецептуры. Такие рецептуры были созданы в конце войны британскими химиками на основе иприта, люизита и их смесей. Повышение вязкости ОВ достигалось добавлением полимерного соединения – хлористого каучука (chlorinated rubber), имеющего среднюю молекулярную массу в пределах 5 тыс.–20 тыс. Да [65]⁵⁸. Загущение обеспечивало дробление ОВ на более крупные капли и замедляло их испарение при выливании ОВ авиационными приборами с большой высоты. Загущенные ОВ длительное время сохранялись на местности, прилипали к одежде, к поверхностям вооружения и военной техники, и раз-

личных сооружений, надолго делая их непригодными для использования. Дегазация таких рецептур была значительно более сложной, чем незагущенных, и трудно осуществимой водными дегазирующими растворами [32, 67].

Возможное изменение характера войны в 1919 г. У. Черчилль в своей послевоенной книге «Мировой кризис» неоднократно подчеркивал, что в случае продолжения войны в 1919 г. основной упор союзники предполагали сделать на масштабное применение танков и химического оружия [41]. Но способы применения ОВ в 1919 г. были бы уже иные, чем в предыдущие годы войны. К концу 1918 г. союзники располагали тяжелой авиацией и ОВ, которых у них ранее не было, и в тех количествах, которых никогда не было у Германии. Иприт и люизит союзники могли производить в неограниченных количествах, и применять их загущенные рецептуры с помощью летательных аппаратов. Арсины делали бесполезными и так малонадежные германские противогазы. Дальние бомбардировщики союзников уже были способны донести бомбы общей массой до 3 т до Берлина, например, британский бомбардировщик Хенли Пэйдж 15 (НР/1500) (таблица 2).

Таблица 2 — Бомбардировщики союзников конца Первой мировой войны [73]*

Тип	Бомбовая нагрузка, кг	Скорость, км/ч	Дальность полета, км	Потолок высоты, м	Появление на фронте, год
Франция					
Бреге ВМ.5	300	138	700	4300	1916
Великобритания					
Де Хевеленд 10	454	132	1120	2100	1916
Хенли Пэйдж 11 (НР/100)	454	132	1120	2100	1916
Хенли Пэйдж 12 (НР/400)	810	158	1100	3000	1917
Хенли Пэйдж 15 (НР/1500)	3300	160	2090	3000	1917
Бристоль 24 Мк-1 (Бремер)	2260	164	-	4260	1918
Блекбор Кенгуру	490	112	600	3430	1917
Шорт Бомбер	420	124	540	2800	1917
Феликстоне-Порте F-3	420	124	950	2800	1916
Италия					
Са.3	1950	135	450	4500	1917
США					
Кертис NC	600	155	2352	1500	1918

* В таблицу включены типы самолетов, способные нести бомбовую нагрузку 300 кг и более.

⁵⁷ Плотность аэрозольных частиц адамсита в 9,6 раз превышает плотность воздуха; $t_{пл} = 193\text{ }^{\circ}\text{C}$, $t_{кип} = 410\text{ }^{\circ}\text{C}$. До появления ядовито-дымных шашек такого типа британцы применяли дымовые шашки, снаряженные смесью селитры и сернистого мышьяка. Германские противогазы отлично защищали от такого дыма. Адамсит союзники применить не успели [22].

⁵⁸ Разные составы таких смесей у британцев имели обозначения: HBV, HBDV, Y2, Y4, Y6, Y10, Y13, Y14 [65].

За два месяца до неожиданного заключения перемирия между Антантой и Германией, США были готовы предоставить союзникам контейнеры с ипритом массой в 1 т, предназначенные для сбрасывания на германские города. Новое оружие могло быть применено уже в сентябре 1918 г. Но европейские союзники США постоянно переносили сроки воздушно-химического нападения на общего врага в основном из-за позиции Франции, считавшей, что пока не удастся поставить под полный контроль воздушное пространство и оттеснить немцев на расстояние, с которого авианалеты союзников «исключат всякую возможность ответного удара», то применять химические бомбы нельзя [69]⁵⁹.

Война закончилась на рубеже перехода от использования химического оружия для решения тактических задач к решению задач оперативного и даже стратегического масштаба. Для решения *оперативных задач* требовалось поражение второй и третьей полос обороны противника, его оперативных резервов, находившихся в глубине территории и недосягаемых для артиллерийского огня. Бомбардировщик в те годы рассматривали как сверхпушку с дальностью, во много раз превышавшей любое из тогдашних орудий. Калибр этой пушки измерялся бомбой в 2 т и более. По послевоенным расчетам 2-тонная ипритная авиабомба была способна заразить ипритом поверхность в 3 км² и на несколько суток сделать ее непроходимой для войск. Если сравнить с этим действие 2-тонной фугасной авиабомбы, снаряженной тротилом, то от нее основным эффектом была яма диаметром в 30 м и глубиной в 7,5 м [30].

По *послевоенным представлениям* оперативно-тактическое использование химического оружия в наступательной операции на этапе ее *подготовки* предполагало нанесение с помощью авиации глубокого химического поражения на избранном оперативном направлении (резервы противника, изнурение противника, расстройство подвоза боевых средств, выведение из строя транспортных узлов и коммуникаций). Для этих целей предполагалось использовать ОВ кожно-нарывного действия (иприт, люизит и их смеси). *Наступлению* на противника должно было предшествовать его поражение в первой полосе

обороны осколочно-химическими снарядами и нанесение бомбовых химических ударов на всю тактическую глубину обороны. Само наступление должно было осуществляться массовым вводом в прорыв бронетехники при поддержке штурмовой авиации. *Отступающий противник* должен был находиться под воздействием авиации, использовавшей ОВ кожно-нарывного действия. Борьба с оперативными резервами подразумевала массированное заражение авиацией стойкими ОВ всех коммуникаций, по которым они могли передвигаться [74].

Население страны противника рассматривалось в качестве стратегического ресурса, обеспечивавшего дальнейшее ведение войны. Никто и не пытался скрывать, что именно население станет основной жертвой химических воздушных налетов. Послевоенный расчет Амоса Фрайса и Кларенса Веста (1921) показал, что для опустошений 10 кварталов Нью-Йорка уже тогда была необходима одна бомба, снаряженная 453 кг люизита [30]. По более поздним расчетам комбрига Якова Жигура (1895–1937), для поражения территории города в 100 км² (на такой территории в европейских городах в то время проживало до 1 млн человек), необходимо было сбросить 300–500 т (3–5 т/км²) иприта. При грузоподъемности бомбардировщиков в 2 т ОВ для решения данной задачи требовались 150–200 бомбардировщиков [74] – вполне серьезные требования к авиации и химической промышленности 1919 г. Применение же авиацией союзников с большой высоты загущенных рецептур на основе иприта, люизита и их смесей, обеспечило бы внезапность химического нападения на войска и население, и длительное выведение из строя инфраструктуры Германии.

По образному описанию начальника Военно-химического управления РККА Я.М. Фишмана, сделанному им через 10 лет после окончания войны, «если бы война продолжалась еще лишь 6–8 месяцев, на поля битвы были бы выброшены (особенно американцами) фантастические количества иприта. На сотни километров в глубину тыл был бы отравлен, и на пораженной ипритом территории воинские части напрасно искали бы чистого от газа уголка, где можно было бы снять маски и утолить жажду и голод» [24].

⁵⁹ У немцев такие бомбардировщики были: Фридрихсгаффен G-III (дальность полета 600 км, 1000 кг бомб, 1917 г.), Цепелин-Штаакен R-R-XIV (дальность полета 1300 км, 2000 кг бомб, 1918 г.) и др. [73].

Химическое оружие оказало огромное влияние на тактику и оперативное искусство Первой мировой войны. Изначально оно предназначалось для выхода из «позиционного тупика». Уже его первое использование под Ипром (апрель 1915 г.) показало большие возможности по прорыву первой линии обороны противника, после чего его применение стало неотъемлемым тактическим приемом в наступлении на подготовленную полосу обороны. В 1917 г. химическое оружие применяли для сокращения продолжительности артиллерийской подготовки наступления с нескольких суток до нескольких часов и обеспечения его внезапности как альтернативу танковым атакам. Артиллерийская химическая стрельба, на начальном

этапе своего развития предназначавшаяся для подавления артиллерийских батарей противника, к 1918 г. развилась в новый вид вооруженной борьбы – артиллерийское химическое сражение, нацеленное на решение задач оперативного масштаба в обороне и наступлении. Первая мировая война закончилась на этапе развития химического оружия, предполагавшего его применение авиацией в оперативных и стратегических целях. Благодаря появившейся в 1918 г. возможности использовать авиацию для доставки стойких ОВ к целям в оперативной и стратегической глубине обороны противника, химическое оружие стало оружием массового поражения.

БЛАГОДАРНОСТИ

Авторы выражают свою признательность Юрию Ивановичу Борисову, бывшему начальнику Музея войск РХБ защиты при ФГБУ «27 Научный центр» Министерства обороны Российской Федерации (Москва), сумевшему сохранить уникальные источники 1920–1940-гг., без которых написание этой статьи было бы невозможным.

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. Де-Лазари А.Н. Химическое оружие на фронтах Мировой войны 1914–1918 гг.: Краткий исторический очерк / Под науч. ред. Супотницкого М.В. М., 2008.
2. Лиддел Гарт Б. Правда о Первой мировой войне. М., 2009.
3. Красильников М.В., Петров Г.В. История химической службы и войск химической защиты советской армии. М., 1958.
4. Ганслиан Р., Бергендорф Ф. Химическое нападение и оборона. М., 1925.
5. Medical aspects of chemical and biological warfare / Ed. Sidell F.R., Tafuqi E.T., Franz D.R. Washington, 1997.
6. Antonijevic B., Stojiljkovic M.P. Unequal efficacy of pyridinium oximes in acute organophosphate poisoning // Clin. Med. Research. 2007. V. 5, № 1. P. 71–82.
7. Широкоград А.Б. Тевтонский меч и русская броня. М., 2003.
8. Нахимов П.С. Документы и материалы. М., 1954.
9. Павлович М.П. Химическая война и химическая промышленность. М., 1925.
10. Рассел У.Х. Британская экспедиция в Крым. М., 2014.
11. Сыромятников А.А. Тактика химической борьбы. М., 1925.
12. Собрание важнейших трактатов и конвенций, заключенных Россией с иностранными державами (1774–1906). / Введ. и прим. Андриенко В.Н. Варшава, 1906.
13. Ключников Ю.В., Сабанин А. Международная политика новейшего времени в договорах, нотах и декларациях. Ч. II. От империалистической войны до снятия блокады с Советской России. М., 1926.
14. Вест Э. Первая мировая война. М., 2005.
15. Simon J., Hook R. World war I gas warfare tactics and equipment. Oxford: Osprey Publ., 2007.
16. Ниллас Р. Генералы Великой войны. Западный фронт 1914–1918. М., 2005.
17. Зайончковский А.М. Первая мировая война. М., 2014.
18. Лиддел Гарт Б. История первой мировой войны. М., 2014.
19. Рдултовский В.И. Исторический очерк развития трубок и взрывателей от начала их применения до конца мировой войны 1914–1918 гг. М., 1940.
20. Вольпе А. Фронтальный удар. Эволюция форм оперативного маневра в позиционный период

Мировой войны. М., 1931.

21. Людендорф Э. Мои воспоминания о войне. М., 2007.

22. Майер Ю. Отравляющие вещества и их боевое применение. Часть II. М., 1928.

23. Оськин М.В. Первая мировая война. М., 2010.

24. Фишман Я.М. Военно-химическое дело. Пособие для начальствующего состава. М., 1929.

25. Террейн Дж. Великая война. Первая мировая – предпосылки и развитие. М., 2004.

26. Шацко В.К. Последняя война Царской России. М., 2010.

27. Яковлев В.Я. История крепостей. М., 2000.

28. Хмельков С.А. Борьба за Осовец. М., 1939.

29. Вейцер Ю.И., Лучинский Г.П. Маскирующие дымы. Л., 1947.

30. Fries A.A., West C.J. Chemical warfare. N.Y., 1921.

31. Фигуровский Н.А. Очерк развития русского противогаза во время империалистической войны 1914–1918 гг. М., Л., 1942.

32. Франке Э. Химия отравляющих веществ. Т. 1. М., 1973.

33. Ипатьев А.Н. Жизнь одного химика. Воспоминания. Т. 1. Нью-Йорк, 1940.

34. Муре Ш. Химия и война. М., 1925.

35. Красильников М.В. Военно-химическое дело русской армии в Первой мировой войне (образование и развитие). Часть II. Кампания 1916 г.: Дис... д-ра воен. наук. М., 1952.

36. Базаревский А.Х. Наступательная операция 9-й русской армии в июне 1916 г. М., 1937.

37. Клембовский В.Н. Стратегический очерк войны 1914–1918 гг. Часть V. М., 1920.

38. Wictor Th. Flamethrower troops of World War I: the Central and Allied Powers. N.Y., 2010.

39. Никольский С.Н., Никольский М.Н. Бомбардировщики «Илья Муромец» в бою. Воздушные линкоры Российской империи. М., 2008.

40. Игнатъев А.А. Пятьдесят лет в строю. М., 1986.

41. Черчилль У. Мировой кризис. Часть II. М., 2015.

42. Павлов А.Ю. «Русская одиссея» эпохи Первой мировой войны. Русские экспедиционные силы во Франции и на Балканах. М., 2011.

43. Notes on German shells (second edition). – General Staff (Intelligence), General Headquarters, Ist May, 1918. London, 1918.

44. Notes on German fuzes and typical French and Belgian fuzes (second edition). General Staff (Intelligence), General Headquarters, January, 1918. London, 1918.

45. Fries A. A., West C.J. Chemical warfare. N.Y., 1921.

46. Watson A.P., Griffin G.D. Toxicity of vesicant agents scheduled for destruction by the chemical stockpile disposal program // Environmental Health Perspectives. 1992. V. 98. P. 259–280.

47. Федоров Л.А. Химическое вооружение – война с собственным народом. Трагический российский опыт. М., 2009.

48. Мировая война в цифрах. М., Л., 1934.

49. Зайончковский А.М. Стратегический очерк войны 1914–1918 гг. Часть VII. Кампания 1917 года. М., 1923.

50. Керсновский А.А. История Русской армии. М., 1993.

51. Гурко В.И. Война и революция в России. Мемуары командующего Западным фронтом. М., 2007.

52. Головин Н.Н. Россия в Первой мировой войне. М., 2014.

53. Брухмюллер Г. Артиллерия при наступлении в позиционной войне. М., 1933.

54. Дюпюи Р., Дюпюи Т. Всемирная история войн. М., 1998.

55. Иссерсон Г. Эволюция оперативного искусства (2-е доп. изд.). М., 1937.

56. Гофман М. Война упущенных возможностей. СПб., 2016.

57. Стоун Н. Первая мировая война. Краткая история. М., 2009.

58. Лефевюр В. Загадка Рейна. Химическая стратегия в мирное время и во время войны. М., 1923.

59. Селезнев Г.К. Крах заговора. М., 1963.

60. Шварте М. Артиллерийское вооружение, артиллерийские боеприпасы. М., 1933.

61. Modellhafte Altlastenuntersuchung an ausgewählten Standorten der Munitionszerlegung und vernichtung nach dem Ersten Weltkrieg / Preuß J. et al. HGN Hydrogeologie GmbH, Nordhausen, Berlin. 2002.

62. Клей К. Король, кайзер, царь. Три монарших кузена, которые привели мир к войне. М., 2009.

63. Варфоломеев Н.Е. Ударная армия. М., 1933.

64. Базаревский А.Х. Мировая война 1814–1918 гг. Кампания 1918 года во Франции и Бельгии. Т. 1, 2. М., Л., 1927.

65. Old chemical weapons: munitions specification report. U.S. Army chemical materiel destruction agency, 1994.

66. Гесс А. Термические и химические повреждения глаз, связанные с войной // Медицинские наблюдения над пораженными боевыми отравляющими веществами по данным германской армии за время войны 1914–1918 гг. Вып. II. Киев, 1931. С. 5–65.

67. Антонов Н.С. Химическое оружие на рубеже двух столетий. М., 1994.

68. Jones E. Terror weapons: the British experience of gas and its treatment in the First World War // War in History. 2014. V. 21, № 3. P. 355–375.

69. Стоун О., Кузник П. Нерассказанная история США. М., 2014.

70. Фишман Я.М. Химическое оружие. М., 1924.

71. Соборовский Л.З., Якубович А.Я. Синтезы отравляющих веществ. М., 1936.

72. Hewett C.L. Isomers of 2-chlorovinylchlorarsine // J. Chem. Soc. 1948. P. 1203–1205.

73. Рохмистров В.Г. Авиация великой войны. М., 2004.

74. Жигур Я.М. Химическое оружие в современной войне. М., 1936.

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.

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

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

Адрес для переписки: Супотницкий Михаил Васильевич; 27nc@mil.ru.

The Influence of Chemical Weapons on Tactics and Operational Art in World War 1 (Essays in the History of Chemical Weapons), Part 3

M.V. Supotnitskiy, S.V. Petrov, 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 introduction of poison gases by the Germans at Ypres in April 1915 marked a new era in modern warfare. The cylinder attack of the German Army against the French and the British positions at Ypres on April 22, 1915, became the first large-scale appearance of the new kind of weapons, chemical weapons, on the battlefields of World War 1. The widespread use of chemical munitions of different types, numerous toxic agents and their delivery systems (field and heavy artillery, mortars and Livens projectors) by all the belligerents influenced military tactics and operational art at World War 1. In 1915-1916, during the period of trench warfare, the use of chemical weapons for breaking through the enemy's first defence lines changed the structure of combat orders and led to their dispersal and the deployment in depth of the defensive zone. In 1917 chemical weapons made it possible to overcome the contradiction between the lengthy preliminary artillery bombardment and the surprise of the offensive. The unprecedented artillery chemical bombardments fired by the German Army, artillery chemical battle, resulted in the significant success of the Germans in spring offensives in 1918, when large parts of the front were given up by the retiring Allied forces. The dynamics of the growth of the chemical warfare agents' (CWA) production, the development of means and methods for delivering the agents efficiently to the target by the Allied countries allowed the authors to suggest that in case Germany had not signed the armistice of 11 November 1918 with the Allies, the large-scale battlefield use of chemical weapons could multiply both in quality and in quantity. The development of the bombardment aviation and the inability of Germany to carry out a retaliatory chemical attack, that became obvious at the end of 1918, offered a golden opportunity for the Allies to use chemical agents in 1919 without any legal or humanitarian limitation on the methods of warfare. This article is concerned also with tactical and operational objectives and targets the belligerents tried to achieve by using chemical weapons during separate battles, the evolution of chemical weapons and chemical warfare agents and their joint impact on military operations at the battlefields of World War 1.

Keywords: *artillery chemical battle; bromoacetone; vincennite; viscous formulations; cylinder attack (wave attack, cloud gas attack); diphenylchlorarsine; diphosgene; Yellow Cross shell; Green Cross shell; mustard gas (yperite); nanoparticles; Blue Cross shell; multi-colored shooting (colour shoots, «Buntschiessen»); phosgene; chemical weapon; chlorine; chlorpicrin («vomiting gas»).*

For citation: *Supotnitskiy M.V., Petrov S.V., Kovtun V.A. The Influence of Chemical Weapons on Tactics and Operational Art in World War 1 (Essays in the History of Chemical Weapons), Part 3 // Journal of NBC Protection Corps. 2017. V. 1; № 1. P. 53–68; № 2. P. 39–63; № 3. P. 51–78.*

ACKNOWLEDGEMENTS:

The authors would like to express their gratitude to Yuri Ivanovich Borisov, the former Director of the Museum of the History of NBC Defence Troops of the Federal State Budgetary Establishment «27 Scientific Centre» of the Ministry of Defence of the Russian Federation (Moscow), who managed to preserve the unique documents of 1920–1940-ies. Without these sources the accomplishment of this article would be impossible.

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.

Authors

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

Supotnitskiy M.V. Senior Researcher. Chief Specialist. Candidate of Biological Sciences.

Petrov S.V. Leading Researcher. Doctor of Technical Sciences.

Kovtun V.A. Head of the Centre. Candidate of Chemical Sciences, Associate Professor.

Address: Supotnitskiy Mikhail Vasilievich; 27nc@mil.ru.

References

1. De-Lazari A.N. Chemical weapons on the fronts of the World War 1914-1918: A brief historical essay / Sci. Ed Supotnitskiy M.V. Moscow, 2008 (in Russian).
2. Liddell Hart B.H. The real war (1914–1918). Moscow, 2009.
3. Krasilnikov M.V., Petrov G.V. History of chemical service and chemical troops of the Soviet Army. Moscow, 1958 (in Russian).
4. Ganslian R., Bergendorf F. Gas attack and defense. Moscow, 1925 (in Russian).
5. Medical aspects of chemical and biological warfare / Ed. Sidell F.R., Tafuqi E.T., Franz D.R. Washington, 1997.
6. Antonijevic B., Stojiljkovic M.P. Unequal efficacy of pyridinium oximes in acute organophosphate poisoning // Clin. Med. Research. 2007. V. 5, № 1. P. 71–82.
7. Shirokorad A.B. Teutonic sword and Russian armor. Moscow, 2003 (in Russian).
8. Nakhimov P.S. Documents and materials. Moscow, 1954 (in Russian).
9. Pavlovich M.P. Chemical warfare and chemical industry. Moscow, 1925 (in Russian).
10. Russell W.H. The British expedition to the Crimea. Moscow, 2014 (in Russian).
11. Syromyatnikov A.A. Tactics of chemical warfare. Moscow, 1925 (in Russian).
12. Collection of the most important treaties and conventions concluded by Russia with foreign powers (1774-1906). Introduction and note V.N. Andrienko. Warsaw, 1906 (in Russian).
13. Klyuchnikov Ju.V., Sabanin A.A. International politics of modern times in treaties, notes and declarations. Part II. From the imperialist war to the lifting of the blockade from Soviet Russia. Moscow, 1926 (in Russian).
14. Wiest A. The illustrated history of World War I. Moscow, 2005.
15. Simon J., Hook R. World War I gas warfare tactics and equipment. Oxford: Osprey Publ., 2007.
16. Neillads R. The Great War generals on the Western Front 1914-1918. Moscow, 2005 (in Russian).
17. Zayonchkovskiy A.M. The great war. Moscow, 2014 (in Russian).
18. Liddell Hart B.H. History of the World War (1914–1918). Moscow, 2014 (in Russian).
19. Rdul'tovskiy V.I. A historical sketch of the development of pipes and fuses from the beginning of their application until the end of the World War (1914-1918). Moscow, 1940 (in Russian).
20. Volpe A. Frontal attack. Evolution of forms of operational maneuver in the positional period of the World War. Moscow, 1931 (in Russian).
21. Ludendorff E. My memories of the war. Moscow, 2007 (in Russian).
22. Mayer Yu. Chemical agents and their combat use. Part II. Moscow, 1928. (In Russian)
23. Oskin M.V. World War I. Moscow, 2010 (in Russian).
24. Fishman Ya.M. Military chemical arts. A manual for the commanding staff. Moscow, 1929 (in Russian).
25. Terrain J. The Great War. World War I – the preconditions and development. Moscow, 2004 (in Russian).
26. Shatsilo V.K. The last war of Tsarist Russia. Moscow, 2010 (in Russian).
27. Yakovlev V.Ya. History of fortresses. Moscow,

- 2000 (in Russian).
28. Khmelkov S.A. The struggle for Osovet. Moscow, 1939 (in Russian).
 29. Veytser Yu.I., Luchinskiy G.P. Masking smokes. Leningrad, 1947 (in Russian).
 30. Fries A.A., West C.J. Chemical warfare. N.Y., 1921.
 31. Figurovskiy N.A. Essay on the development of the Russian gas mask during the imperialist war of 1914-1918. Moscow, Leningrad, 1942 (in Russian).
 32. Franke S. Lehrbuch der Militarchemie. Band I. Berlin, 1967 (in Russian).
 33. Ipatiev A.N. The life of a chemist. Memories. V. 1. N.Y., 1940 (in Russian).
 34. Mure Sh. Chemistry and war. Moscow, 1925 (in Russian).
 35. Krasilnikov M.V. Military chemical affair of the Russian army in the First World War (education and development). Part II. Campaign of 1916: Dissertation of the doctor of military sciences. Moscow, 1952 (in Russian).
 36. Bazarevskiy A.H. Offensive operation of the 9th Russian Army in June 1916. Moscow, 1937 (in Russian).
 37. Klembovskiy V.N. Strategic outline of the war of 1914-1918. Part V. Moscow, 1920 (in Russian).
 38. Wictor Th. Flamethrower troops of World War I: The central and allied powers. N.Y., 2010.
 39. Nikolskiy S.N., Nikolskiy M.N. Bombers «Ilya Muromets» in battle. Air battleships of the Russian Empire. Moscow, 2008 (in Russian).
 40. Ignatev A.A. Fifty years in military service. Moscow, 1986 (in Russian).
 41. Churchill W. The world crisis. Part II, III. Moscow, 2015.
 42. Pavlov A.Yu. «Russian Odyssey» of the First World War. Russian expeditionary forces in France and the Balkans. Moscow, 2011 (in Russian).
 43. Notes on German shells (second ed.). – General Staff (Intelligence), General Headquarters, 1st May, 1918. London, 1918.
 44. Notes on German fuzes and typical French and Belgian fuzes (second ed.). General Staff (Intelligence), General Headquarters, January, 1918. London, 1918.
 45. Fries A.A., West C.J. Chemical warfare. N.Y., 1921.
 46. Watson A.P., Griffin G.D. Toxicity of vesicant agents scheduled for destruction by the chemical stockpile disposal program // Environmental Health Perspectives. 1992. V. 98. P. 259–280.
 47. Fedorov L.A. Chemical weapons – a war with their own people. The tragic Russian experience. Moscow, 2009 (in Russian).
 48. The World War in figures. Moscow, Leningrad, 1934 (in Russian).
 49. Zayonchkovskiy A.M. Strategic outline of the war of 1914-1918. Part VII. The campaign of 1917. Moscow, 1923 (in Russian).
 50. Kersnovskiy A.A. History of the Russian Army. Moscow, 1993 (in Russian).
 51. Gurko V.I. War and revolution in Russia. Memoirs of the Commander of the Western Front. Moscow, 2007 (in Russian).
 52. Golovin N.N. Russia in the First World War. Moscow, 2014 (in Russian).
 53. Bruchmüller G. Artillery in the offensive in the positional war. Moscow, 1933 (in Russian).
 54. Dupuy R.E., Dupuy T.N. The Harper Encyclopedia of Military Histories. Moscow, 1998 (in Russian).
 55. Isserson G. Evolution of operational art (2nd ed.). Moscow, 1937 (in Russian).
 56. Gofman M. War of missed opportunities. St. Petersburg, 2016 (in Russian).
 57. Stone N. World War One: a short history. Moscow, 2009 (in Russian).
 58. Lefebvur V. The mystery of the Rhine. Chemical strategy in peacetime and during the war. Moscow, 1923 (in Russian).
 59. Seleznev G.K. The collapse of the conspiracy. Moscow, 1963 (in Russian).
 60. Shvarte M. Artillery armament, artillery ammunition. Moscow, 1933 (in Russian).
 61. Modellhafte Altlastenuntersuchung an ausgewählten Standorten der Munitionszerlegung und vernichtung nach dem Ersten Weltkrieg / Preuß J. et al. HGN Hydrogeologie GmbH, Nordhausen, Berlin. 2002.
 62. Clay C. King, Kaiser, Tsar. Three royal cousins who led the world to war. Moscow, 2009 (in Russian).
 63. Varfolomeev N.E. Attack army. Moscow, 1933 (in Russian).
 64. Bazarevskiy A.Kh. The World War of 1814-1918. Campaign of 1918 in France and Belgium. Vol. 1, 2. Moscow, Leningrad, 1927 (in Russian).
 65. Old chemical weapons: munitions specification report. U.S. Army chemical materiel destruction agency, 1994.
 66. Gess A. Thermic and chemical eye damage associated with war // Medical observations of affected chemical warfare agents according to the German army during the war of 1914-1918. Issue. II. Kiev, 1931. P. 5–65 (in Russian).
 67. Antonov N.S. Chemical weapons at the turn of two centuries. Moscow, 1994 (in Russian).
 68. Jones E. Terror weapons: The British experience of gas and its treatment in the First World War // War in History. 2014. V. 21, № 3. P. 355–375.
 69. Stone O., Kuznick P. The untold history of the United States. Moscow, 2014 (in Russian).
 70. Fishman Ya.M. Chemical weapon. Moscow, 1924 (in Russian).
 71. Soborovskiy L.Z., Yakubovich A.Ya. Synthesis of toxic agents. Moscow, 1936 (in Russian).
 72. Hewett C.L. Isomers of 2-chlorovinylidihlorarsine // J. of Chem. Society. 1948. P. 1203–1205
 73. Rokhmistrov V.G. Aviation of the Great War. Moscow, 2004 (in Russian).
 74. Zhigur Ya.M. Chemical weapons in modern warfare. Moscow, 1936 (in Russian).

СПЕЦИАЛИСТЫ СТЭНФОРДСКОГО УНИВЕРСИТЕТА (США) ИЗУЧИЛИ СОСТОЯНИЕ ФАУНЫ НА АТОЛЛЕ БИКИНИ В ТИХОМ ОКЕАНЕ



Ядерные испытания на атолле Бикини (1946 г.)

Исследователи сосредоточились на изучении коралловых и кокосовых крабов, так как они живут дольше, чем рыбы, поэтому оценить воздействие радиации на их ДНК спустя несколько десятилетий после атомных взрывов проще, чем на ДНК рыбы, погибшей вскоре после взрыва. Сейчас атолл населяют рыбы, которые подвергаются низкому уровню

радиационного облучения, так как они нередко выплывают за пределы острова. Животные, чей ареал обитания соотносится с местом Чернобыльской аварии, пострадали от ряда мутаций, однако в случае с атоллom Бикини ученые зафиксировали улучшение морского биоразнообразия. Исследователи обнаружили, что образованный взрывом кратер и прилегающие к нему территории населяют гигантские стаи тунца, окуня, акул, заросли кораллов достигают размера автомобиля, а кокосовые крабы на берегу спокойно поглощают радиоактивные кокосовые орехи. При этом все организмы выглядят здоровыми, а кораллы существуют уже не одно десятилетие, что свидетельствует о том,

что они начали расти всего спустя десятилетие после испытаний. Ученые считают, что способность океана к самовосстановлению обнадеживает, но тем не менее люди по-прежнему не могут жить и работать на атолле. Морепродукты остаются непригодными для питания, воду нельзя пить, а загрязненная почва не позволяет культивировать растения.

Информационный портал Индикатор
<https://indikator.ru/news/2017/07/17/ocean-bioraznoobrazie-atoll-bikini/>

Википедия:
[https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%91%D0%B8%D0%BA%D0%B8%D0%BD%D0%B8_\(%D0%B0%D1%82%D0%BE%D0%BB%D0%BB\)](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%91%D0%B8%D0%BA%D0%B8%D0%BD%D0%B8_(%D0%B0%D1%82%D0%BE%D0%BB%D0%BB))

КОМПАНИЯ «ORTEC» ПРЕДСТАВИЛА НОВЫЙ ПОРТАТИВНЫЙ ПРИБОР ОБНАРУЖЕНИЯ И ИДЕНТИФИКАЦИИ РАДИОИЗОТОПОВ DETECTIVE X

В приборе используется большой кристалл высокочистого германия коаксиальной конструкции 65×50 мм. Библиотека прибора содержит спектры излучения 175 радионуклидов. Диапазон измерения мощности дозы гамма-излучения – от 0,05 мР/ч до 100 Р/ч. Прибор дополнительно может быть оснащен нейтронным детектором.

Detective X использует новейшие алгоритмы идентификации радионуклидов, что значительно повышает селективность анализа.

Габариты: 395×160×210 мм. Вес: 6,8 кг.

Прибор имеет 4,3 дюймовый сенсорный экран WQVGA, информация с которого удобно читается и при солнечном свете. Оснащен GPS модулем. Подключается к компьютеру и мобильным устройствам с помощью USB, Wi-Fi, Ethernet RJ45. Комплектуется двумя литий-ионными аккумуляторами по 98 Вт каждый, обеспечивающими автономную работу до 8 ч при 25 °С. К прибору могут подключаться внешние источники питания военного стандарта.



Официальный сайт компании ORTEC
<http://www.ortec-online.com/products/nuclear-security-and-safeguards/hand-held-radioisotope-identifiers-riids/detective-x>

НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИНСТИТУТ АЛЛЕРГИИ И ИНФЕКЦИОННЫХ ЗАБОЛЕВАНИЙ США ПРОВЕЛ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ КЛЕТОЧНОГО ПРЕПАРАТА ДЛЯ ЛЕЧЕНИЯ ОСТРОЙ ЛУЧЕВОЙ БОЛЕЗНИ

Исследование было проведено для оценки эффективности и безопасности препарата PLX-R18. Оценка проводилась после внутримышечной инъекции препарата облученным и необлученным приматам. Критерии эффективности включали степень угнетения функции костного мозга, а также выживаемость особи, на которую оказывалось воздействие высоким уровнем радиации.

Все группы, получавшие PLX-R18, показали улучшенную вы-

живаемость по сравнению с группами, получавшими плацебо. Это экспериментальное исследование также продемонстрировало тенденцию к усилению восстановления нейтрофилов, лимфоцитов и других клеточных элементов крови. Никаких серьезных побочных эффектов у всех групп, получавших препарат, не наблюдалось.

Клеточные препараты семейства PLX представляют собой полученные из плаценты мезенхимальноподобные стромальные клетки (стволовые

клетки), предназначенные для стимуляции регенеративных механизмов организма. Конкретно PLX-R18 предназначен для усиленной регенерации клеток костного мозга после радиационного облучения.

Информационный портал globalbiodefense
<https://globalbiodefense.com/2017/07/05/pilot-study-of-radiation-countermeasure-shows-promising-results/>

ИССЛЕДОВАТЕЛИ МЕЖДУНАРОДНОЙ ЛАБОРАТОРИИ СИСТЕМ ТЕХНИЧЕСКОГО ЗРЕНИЯ ТОМСКОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО УНИВЕРСИТЕТА СКОНСТРУИРОВАЛИ РОБОТА ДЛЯ АТОМНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ



Робот предназначен для оценки потенциальной опасности различных объектов и территорий. Наличие дозиметра, газоанализатора и другой измерительной аппаратуры позволяет проводить экспресс-анализ, определять качественный и количественный состав примесей в воздухе, идентифици-

ровать различные опасные вещества, включая взрывчатые.

Полученную информацию робот передает в режиме онлайн на инженерный пульт. Одновременно он ведет видеосъемку исследуемых объектов. При этом он может осуществлять ее и в инфракрасном диапазоне. При

необходимости робот расставляет метки, которые видны на цифровой карте, производит отбор проб почвы, снега, воды.

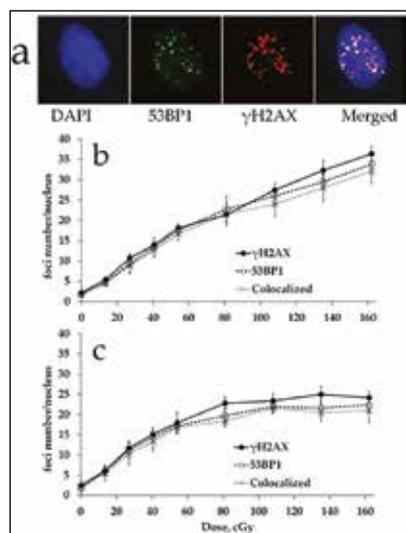
Программное обеспечение, созданное учеными международной лаборатории, позволяет автоматизированному исследователю работать как под управлением оператора, так и самостоятельно. С помощью навигационных систем он определяет свое местоположение и сообщает о нем оператору.

Автоматизированная платформа имеет высокую проходимость и может работать без подзарядки аккумуляторов до десяти часов. Робот обладает высокой проходимостью, он одинаково легко может передвигаться по разным поверхностям – земле, снегу, льду.

Сайт Томского государственного университета

<http://www.tsu.ru/news/uchenye-sozdali-robotu-razvedchika-ustoychivogo-k/>

УЧЕНЫЕ ОПИСАЛИ РЕЗУЛЬТАТЫ ДЛИТЕЛЬНОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ ИОНИЗИРУЮЩЕГО ИЗЛУЧЕНИЯ НА СТВОЛОВЫЕ КЛЕТКИ ЧЕЛОВЕКА



Российские ученые провели несколько экспериментов на стволовых клетках из десны. Клетки подвергали кратковременному и длительному воздействию рентгеновского излучения в одних и тех же дозах. Образование

двойных разрывов ДНК отслеживали с помощью маркеров – скоплений окрашенных белков γ H2AX и 53BP1.

Оказалось, что при кратковременном облучении количество обоих маркеров при увеличении дозы возрастает линейно. При длительном же облучении график сначала имеет линейный характер, а потом выходит на «плато», то есть количество разрывов ДНК, дойдя до определенного значения, перестает возрастать. Наступает своеобразный баланс между образованием повреждений и их репарацией.

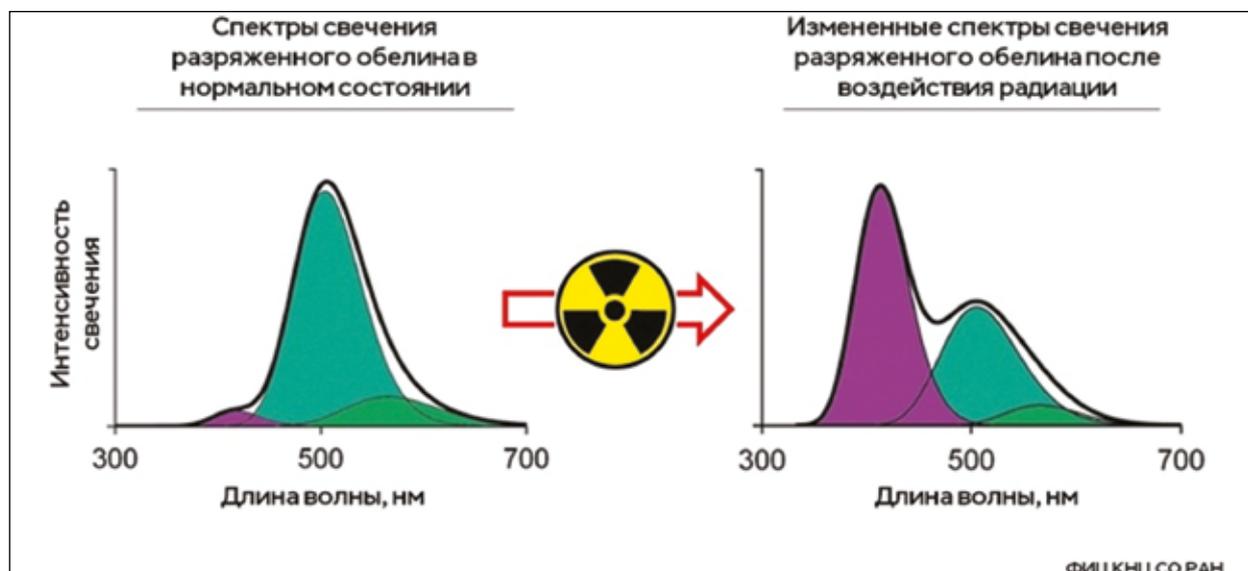
Ученые предположили, что во время длительного облучения происходит активация гомологичной рекомбинации (когда для восстановления разрыва используется похожая или идентичная молекула ДНК в качестве образца). При этом механизме ошибок получается гораздо меньше, но его существование возможно только в определенных фазах клеточного цикла.

В то время, как одни стволовые клетки делятся, другие перестают делиться, вследствие этого между ними сохраняется баланс. Ученые подсчитали количество двойных разрывов отдельно в делящихся и пассивных клетках. Оказалось, что количество двойных разрывов растет одинаково в делящихся и неделящихся клетках и в обоих видах клеток достигает постоянного значения.

То есть во время облучения происходит задержка клеточного цикла и увеличивается доля клеток в тех фазах, где возможна гомологичная рекомбинация. Таким образом, появляется возможность корректной репарации двойных разрывов.

Информационный портал Индикатор
<https://indicator.ru/news/2017/07/27/stvolovye-kletki-cheloveka-medlennaya-radiatsiya/>

РОССИЙСКИЕ УЧЕНЫЕ ИНСТИТУТА БИОФИЗИКИ ФЕДЕРАЛЬНОГО ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОГО ЦЕНТРА КРАСНОЯРСКОГО НАУЧНОГО ЦЕНТРА РАН ПРЕДЛОЖИЛИ ИСПОЛЬЗОВАТЬ СВЕТЯЩИЕСЯ БЕЛКИ ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ ВОЗДЕЙСТВИЯ МАЛЫХ ДОЗ РАДИАЦИИ



Федеральный исследовательский центр КНЦ СО РАН

Эксперименты с тритиевой водой показали, что цвет свечения разряженного белка обелина изменяется даже при низких дозах облучения, что открывает возможность для создания новых систем для тестирования радиационной токсичности.

Ученые обратили внимание на разряженные фотопротеины и предложили использовать их для биотестирования радиоактивных эффектов. Ранее красноярские ученые исследовали систему свечения морского полипа *Obelia longissima* и выделили светящийся белок обелин. После протекания биоломинесцентной реакции образуется «разряжен-

ный» обелин (сложный белковый комплекс), который обладает флуоресцентными свойствами. Если на этот комплекс воздействовать светом, то в темноте он будет испускать свет в широком диапазоне – от фиолетового до сине-зеленого. Оказалось, что разряженный обелин – удобный объект для биотестирования различных эффектов, в том числе радиационного воздействия. В качестве источника низкодозового излучения ученые использовали бета-излучающий изотоп трития в составе тритиевой воды. При облучении разряженного обелина даже небольшими дозами бета-излучения, вклады фиолето-

вого и сине-зеленого цветов в спектре свечения молекулы изменялись. В данном случае радиоактивное воздействие оказывает влияние на структуру белкового комплекса. Именно поэтому изменяется цвет свечения.

Публикация: Alena S. Petrova Anna A. Lukonina. Fluorescent coelenteramide-containing protein as a color bioindicator for low-dose radiation effects. *Rapid Communication*. First Online: 19 May 2017.

Информационный портал Индикатор
<https://indicator.ru/news/2017/06/10/svetyzshchiesya-belki-radioaktivnye-effekty/>

В ПРИБОРАХ РАДИАЦИОННОГО КОНТРОЛЯ НА АЭС В США ОБНАРУЖЕНЫ СЕРЬЕЗНЫЕ УЯЗВИМОСТИ

Конструктивные дефекты в приборах радиационного контроля, используемых на атомных электростанциях, в больницах, морских портах и на постах пограничной службы США, могут быть использованы злоумышленниками для подмены данных об уровне радиации.

В ходе проведения реверс-инжиниринга прошивок устройств для измерения уровня радиации двух известных торговых марок, а также изучения их аппаратного

обеспечения и радио-протоколов, используемых для обмена данными между устройствами, был выявлен ряд серьезных уязвимостей, открывающих злоумышленникам доступ к устройствам. По словам экспертов, проблема заключается в том, что исправить обнаруженные уязвимости невозможно, так как они связаны с конструкцией приборов.

Проблемы связаны с отсутствием шифрования в радио-протоколах, применяемых для коммуникации

между устройствами, или с реализацией ненадежных криптоалгоритмов, если шифрование все же присутствует. Для проведения атаки не обязательно нужно находиться рядом с целевым объектом, она возможна с расстояния до 20 км. Использование ненадежных протоколов и уязвимости в прошивке позволяют злоумышленникам подменить данные приборов.

Информационный портал Securitylab
<http://www.securitylab.ru/news/486905.php>

НА СНАБЖЕНИЕ ВС РФ ПРИНЯТ НОВЫЙ ПРОТИВОГАЗ ПМК-4

Противогаз ПМК-4 полностью интегрирован в состав существующих комплектов индивидуальной экипировки, таких как «Ратник-2». Он также может быть адаптирован под разрабатываемые варианты индивидуальной экипировки.

Шлем-маска противогаза, изготовленная из синтетического бутадиленкаучука и силикона отечественного производства, обеспечивает комплексную защиту и по эластично-

сти превосходит шлем-маски лучших образцов зарубежного производства. По комплексному показателю технического уровня противогаза ПМК-4 не уступает лучшим зарубежным аналогам, а по основным защитным и эксплуатационным характеристикам превосходит их в 1,5–2 раза.

Технические решения, реализованные в противогазе ПМК-4, будут использованы при разработке противогаза в интересах Арктической

группировки войск. В новом противогазе будут проработаны вопросы его сочетаемости с зимними комплектами боевой экипировки военнослужащих, а также особенности его эксплуатации в условиях крайнего Севера.

Информационное агентство РИА Новости

<https://ria.ru/arms/20170626/1497321771.html>

http://visualrian.ru/story/list_497389/2698357.html

html

КОМПАНИЯ «GENERAL DYNAMICS INFORMATION TECHNOLOGY» МОДЕРНИЗИРОВАЛА ПРОГРАММУ JEM ДЛЯ ОЦЕНКИ ПОСЛЕДСТВИЙ ПРИМЕНЕНИЯ РХБ ОПАСНЫХ МАТЕРИАЛОВ

Программа оценки JEM – это первичная веб-система министерства обороны США, предназначенная для моделирования последствий применения РХБ опасных материалов и токсичных промышленных химикатов.

Она обеспечивает расширенную оперативную и тактическую

ситуационную осведомленность об инциденте, а также помогает правильно оценить обстановку и принять необходимые меры.

В новой версии программы разработчики реализовали возможность интеграции оценки РХБ обстановки в общую тактическую и оперативную картину, улучшили

быстродействие и увеличили объем обрабатываемых данных.

Информационный портал

[americansecuritytoday](http://americansecuritytoday.com/)

<https://americansecuritytoday.com/gdit-develop-cbrn-modeling-software-us-army/>

В ПРОБАХ БАЛТИЙСКОЙ РЫБЫ ВЫЯВЛЕНО ПРЕВЫШЕНИЕ НОРМЫ СОДЕРЖАНИЯ МЫШЬЯКА

Специалисты Института океанологии РАН в рамках экспедиции на научно-исследовательском судне «Академик Николай Страхов» совместно со шведскими и польскими учеными провели экспресс-анализ проб, взятых у хищной тресковой рыбы сайды, отловленной в районе острова Мосешер (пролив Скагеррак). С использованием рентгенфлуоресцентного спектрометра было выявлено повышенное содержание мышьяка в мышцах и печени

рыбы. Также отмечено, что результаты анализа нуждаются в уточнении и проверке, поскольку получены экспресс-методом на борту судна.

По мнению ученых, если результат подтвердится, это может свидетельствовать о поступлении люизита из затопленных химических снарядов в донные осадки и накоплении продуктов его разложения в пищевых цепях.

Запланировано проведение специального исследования, кото-

рое позволит выявить не отдельный элемент, а следы химического соединения. Пробы будут более тщательно исследованы в лабораториях в Швеции. По результатам исследования предполагается доказать или опровергнуть связь выявленного повышенного содержания мышьяка с утечкой химоружия.

Информационное агентство ТАСС

<http://tass.ru/obschestvo/4443381>

«ZALA AERO» РАЗРАБОТАЛА ГАЗОАНАЛИЗАТОР ДЛЯ БЕСПИЛОТНИКОВ



Специалисты группы компаний «ZALA AERO» (входит в кон-

церн «Калашников») разработали газоанализатор для беспилотных летательных аппаратов, способный различать до 160 различных газов. Газоанализатор имеет массу менее 300 г. Обнаружение и расчет концентраций газов проводится непосредственно на борту БПЛА с интервалом один раз секунду, передача информации осуществляется в режиме реального времени.

Кроме газоанализатора, группой компаний «ZALA AERO» разработан усовершенствованный по конструкции и более чувствительный дозиметр. Масса прибора составляет 25–35 г, что позволяет размещать его на борту БПЛА без снижения веса основной целевой нагрузки.

Источник – «Военно-промышленный курьер»

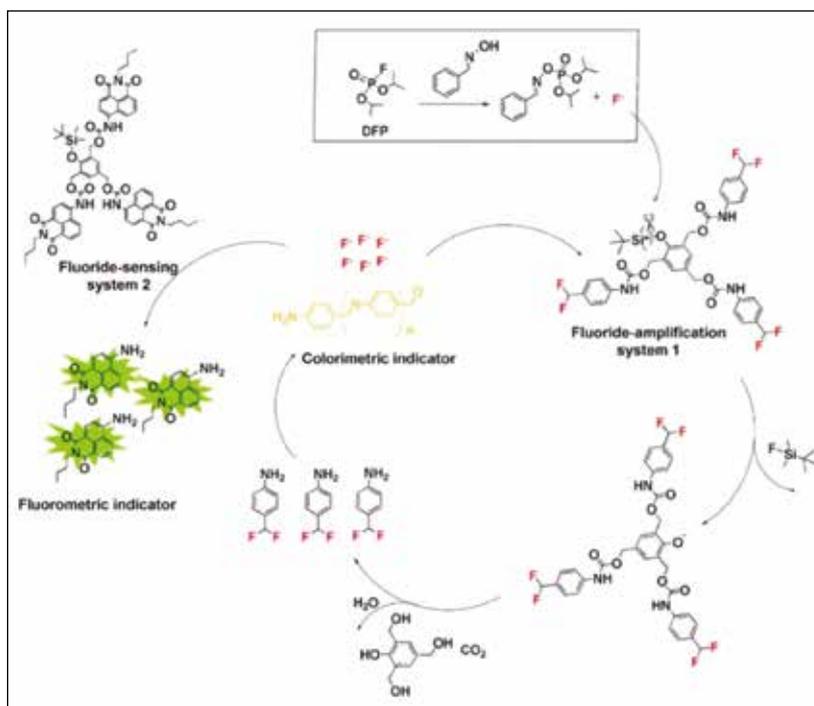
<http://www.vpk-news.ru/news/37405>

СПЕЦИАЛИСТЫ ДЕПАРТАМЕНТА ПО ХИМИЧЕСКИМ И БИОЛОГИЧЕСКИМ ТЕХНОЛОГИЯМ АГЕНТСТВА ПО УМЕНЬШЕНИЮ ВОЕННОЙ УГРОЗЫ РАЗРАБОТАЛИ НОВЫЙ МЕТОД ОБНАРУЖЕНИЯ НЕРВНО-ПАРАЛИТИЧЕСКИХ ВЕЩЕСТВ

Исследование направлено на поиск фосфорорганических соединений двух основных классов - фторидсодержащие «серии G» и серосодержащие «серии V».

На данный момент основное направление работ – определение подходов к визуальному обнаружению ионов фтора. В процессе работы используются методы как колориметрического, так и флуоресцентного обнаружения, при этом ионы фторида отслеживаются по всему каскаду. Обе методики демонстрируют перспективу обнаружения нервных агентов серии G.

В ходе работы используется диизопропилфторофосфат в качестве имитатора. Новый подход является сверхчувствительным благодаря автоиндуктивному каскаду, который генерирует шесть ионов фторида для каждого иона, высвобождаемого в начальной реакции. В результате данный процесс позволяет обнаружить следовые количества токсичных веществ с помощью флуоресценции.



Информационный портал dvidshub
<https://www.dvidshub.net/news/238772/cracking-case-nerve-agent-detection>

КОРПОРАЦИЯ «SHARP ELECTRONICS» ПРЕДСТАВИЛА АВТОМАТИЗИРОВАННЫЙ БЕСПИЛОТНЫЙ НАЗЕМНЫЙ АППАРАТ SHARP INTELLOS (A-UGV)

Аппарат Sharp A-UGV – это многокомпонентный, мобильный робот-сборщик данных. Он предназначен для проведения наземной разведки, наблюдения и охраны заданного периметра.

Он может передвигаться как по заранее запланированному маршруту, так и способен самостоятельно выбирать маршрут без помощи оператора с учетом условий. Передача

данных осуществляется в реальном времени с помощью закодированного радиосигнала непосредственно на пульт оператора.

Робот в базовой комплектации оборудован стандартным набором датчиков наблюдения (видеокамеры, микрофоны, аппаратура сбора погодной обстановки). При необходимости он может быть доукомплектован радиационными и химическими дат-

чиками для проведения разведки и мониторинга.

Информационный портал
 americansecuritytoday
<https://americansecuritytoday.com/sharp-intellos-ugv-astors-homeland-security-awards-video/>

КОМПАНИЯ «SCOTT SAFETY» ПРЕДСТАВИЛА НОВЫЙ ГАЗСИГНАЛИЗАТОР PROTEGE SG

Газосигнализатор представляет собой простое в использовании устройство, предназначенное для оценки окружающей атмосферы в режиме реального времени. Устройство управляется двумя кнопками, имеет ЖК-дисплей для отображения

результатов мониторинга, звуковую и вибрационную сигнализации.

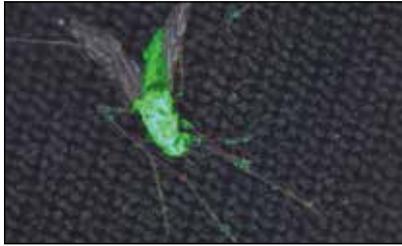
Прибор позволяет обнаруживать до 13 различных газов: HCN, H₂S, CO, O₂, O₃, HCN, NO, NO₂, PH₃, SO₂, NH₃, Cl₂, ClO₂.

Газосигнализатор оснащен

литий-ионным аккумулятором и имеет ударопрочный корпус.

Сайт компании Scott Safety
<https://www.scottsafety.com/en/us/Pages/ProductDetail.aspx?productdetail=Prot%C3%A9ge%20SG+Reusable+Single+Gas+Monitor>

УЧЕНЫЕ ПРИМЕНИЛИ ГЕННОМОДИФИЦИРОВАННЫЕ ГРИБЫ ДЛЯ БОРЬБЫ С КОМАРАМИ-ПЕРЕНОСЧИКАМИ МАЛЯРИИ



Комар, зараженный грибом, структура гриба содержит зеленый протеин, Scientific Reports

Ученые из Университета Мэриленда модифицировали паразитический гриб рода *Metarhizium*. Это энтомопатогенные грибы, поражающие исключительно насекомых. Используемый в работе гриб вида *Metarhizium pingshaensei* поражает только малярийных комаров нескольких видов.

Сам по себе гриб *Metarhizium pingshaensei* не так опасен. Чтобы уничтожить комара, требуется много грибных спор и немало времени. Ученые усилили летальный эффект, добавив в геном гриба гены, связанные

с выработкой яда у пауков и скорпионов. В их яде содержатся белки-токсины, специфичные для насекомых – Hybrid Toxin и AaIT. Они помогают членистоногим обездвиживать свои жертвы.

Ученые испытали новую технологию на комарах, пойманных в Буркина-Фасо, так как эти насекомые выработали устойчивость к привычным инсектицидам. Чтобы заразить практически всех комаров токсином Hybrid, потребовалось 5 дней, на каждое насекомое приходилось по 6 спор гриба. Комбинация двух токсинов позволила вдвое уменьшить количество необходимых спор.

Дополнительное исследование провели на пчелах. Оказалось, что для них модифицированный гриб *Metarhizium pingshaensei* безвреден.

Информационный портал *naked-science*
<https://naked-science.ru/article/sci/s-malyariye-budut-borotsya-gm-griby>

УХУДШЕНИЕ ЭПИДЕМИЧЕСКОЙ СИТУАЦИИ ПО КОРИ В ЕВРОПЕ

Вспышка кори в Европе стала причиной 35 летальных исходов за последний год. Во Всемирной организации здравоохранения назвали «недопустимой трагедией» смерть от инфекционного заболевания, заражение которым можно предотвратить с помощью вакцинации.

За последний год показатели смертности от кори в Европе с 2016 года выросли почти в три раза – тогда было зарегистрировано 13 летальных

исходов, а в 2015 – только три. Среди стран с наиболее неблагоприятной ситуацией в ВОЗ называют Италию (более 3,3 тыс. случаев заражения за год, в том числе две смерти). Также в этом списке оказались Франция, Германия, Румыния, Польша, Швейцария и Украина.

Информационный портал
<https://medicalxpress.com/news/2017-07-health-agency-measles-children-europe.html>

СЛУЧАИ ТУЛЯРЕМИИ ЗАФИКСИРОВАНЫ В ОМСКОЙ ОБЛАСТИ

Специалисты Роспотребнадзора сообщают, что в Омской области существует вероятность эпидемических осложнений, связанных с увеличением активности очагов обнаружения туляремии.

В Омске в 2017 году зарегистрировано 2 случая заболевания среди взрослого населения, в области пострадало 4 ребенка: по одному в Кру-

тинском, Называевском, Омском и Таврическом районах.

Кроме того, очаги инфекции обнаружены в 13 административных районах региона и в самом городе.

Информационное агентство Омскпресс
http://omskpress.ru/news/79203/shest_jiteley_omskoy_oblasti_zarazilis_tulyaremiy/

ШВЕЙЦАРСКИЕ УЧЕНЫЕ ОПИСАЛИ МОЛЕКУЛЯРНЫЙ МЕХАНИЗМ, КОТОРЫЙ ПОЗВОЛЯЕТ ВОЗБУДИТЕЛЯМ ТУЛЯРЕМИИ ПРЕДОТВРАТИТЬ СВОЮ ГИБЕЛЬ В РЕЗУЛЬТАТЕ ИММУННОГО ОТВЕТА

Ученые из Базельского университета обнаружили, что патоген, вызывающий туляремию, может высвобождаться из клеток иммунной системы человека при помощи особого молекулярного «оружия».

Ученые обнаружили, что у бактерий *Francisella* есть эффективное «оружие» – так называемая система секреции типа VI (T6SS). Бактерия использует ее, чтобы выйти из своего «заключения» в фагоцитах. Эти защитные клетки поглощают патогены, окружая их маленькими пузырьками и полностью переваривая их. Однако при помощи T6SS *Francisella* разрушает эти пищеварительные везикулы и ускользает в цитозоль, среду, где она может быстро размножаться. Таким образом бактерия туляремии остается недостижимой для иммунитета человека.

Публикация: Petr Broz, Marek Basler... *Francisella* requires dynamic type VI secretion system and ClpB to deliver effectors for phagosomal escape. *Nature Communications*, Published online: 16 June 2017.

Информационный портал Индикатор
<https://indicator.ru/news/2017/06/16/tulyaremiya/>

СЛУЧАИ КОНГО-КРЫМСКОЙ ГЕМОМРАГИЧЕСКОЙ ЛИХОРАДКИ ЗАРЕГИСТРИРОВАНЫ В РОСТОВСКОЙ ОБЛАСТИ

В Ростовской области зарегистрирован 31 случай заболевания Крымской геморрагической лихорадкой.

Всего в инфекционных стационарах с укусами клещей находится 45 человек, из них четверо – дети до 14 лет.

Информационный портал
Городской репортер
<https://cityreporter.ru/v-rostovskoj-oblasti-boleee-30-zabolevshih-kgl-ot-ukusov-kleshhej>

В ЕВРОПЕЙСКОМ СОЮЗЕ НАЧАЛ ДЕЙСТВОВАТЬ НОВЫЙ ПЛАН БОРЬБЫ С АНТИБИОТИКОУСТОЙЧИВОСТЬЮ БАКТЕРИЙ

Основой нового плана действий стал единый подход к борьбе с лекарственной устойчивостью среди людей и животных. Параллельно Европейская комиссия выпустила руководства по рациональному использованию антибиотиков для медицинского применения. Руководства разработаны для врачей, медсестер, фармацевтов, администраторов медучреждений и всех медицинских работников, каким-либо образом принимающих участия в назначении или получении пациентами антибиотиков.

Среди мер по борьбе с лекарственной устойчивостью называется дальнейшее проведение исследований в данной области, финансирование и проведение партнерских программ, направленных на расширение знаний о возможностях контроля над распространением инфекций, повышение качества диагностики и разработку новых антибиотиков.

План доступен по адресу: https://ec.europa.eu/health/amr/sites/amr/files/amr_action_plan_2017_en.pdf

Информационный портал Remedium
<http://remedium.ru/news/detail.php?ID=71936>

КОМПАНИЯ «PFIZER» ЗАРЕГИСТРИРОВАЛА В РОССИИ АНТИБИОТИК ДЛЯ ЛЕЧЕНИЯ ОСЛОЖНЕННЫХ ИНФЕКЦИЙ

Компания «Pfizer» получила на территории Российской Федерации регистрационное свидетельство на антибиотик цефтазидим-авибактам, предназначенный для лечения госпитализированных пациентов с подтвержденными и предполагаемыми тяжелыми бактериальными инфекциями, вызванными грамотрицательными бактериями.

Препарат показан для лечения взрослых пациентов с осложненными интраабдоминальными инфек-

циями, осложненными инфекциями мочевыводящих путей и внутрибольничной пневмонией, включая легионеллез. Антибиотик также показан для лечения инфекций, вызванных аэробными грамотрицательными бактериями, у взрослых пациентов в случаях, когда отсутствует альтернативная терапия.

Информационный портал remedium
<http://remedium.ru/news/detail.php?ID=71884>

УЧЕННЫЕ ПОЛУЧИЛИ НОВЫЙ ЛЕКАРСТВЕННЫЙ ПРЕПАРАТ, КОТОРЫЙ УНИЧТОЖАЕТ БАКТЕРИИ, АДАПТИРОВАВШИЕСЯ К СОВРЕМЕННЫМ АНТИБИОТИКАМ

Исследователи из Университета Дьюка получили новый ингибитор LpxC, который может лечить бактериальные инфекции, устойчивые ко многим лекарственным средствам. В частности, препарат активен в отношении возбудителя чумы.

Ингибиторы LpxC представляют собой новый класс антибиотиков, которые могут лечить множество инфекционных заболеваний, вызванных грамотрицательными микроорганизмами.

Лекарственный препарат не вызывал серьезных побочных эффектов у подопытных мышей при любой дозировке, в том числе и самой высокой. Пятнадцати грызунам ввели препарат через 18 часов после заражения бубонной чумой, и они остались живы, тогда как все зараженные

мыши из контрольной группы погибли.

Новый антибиотик подавляет действие LpxC – фермента, играющего важную роль в формировании внешней мембраны у грамотрицательных бактерий. Вследствие того, что у таких бактерий есть внешняя оболочка, они более устойчивы к антибиотикам по сравнению с грамположительными бактериями, у которых нет внешней оболочки.

Публикация: Anthony Mitchell, Christina Tam... Glutathionylation of Yersinia pestis LcrV and Its Effects on Plague Pathogenesis. MBio, vol. 8 no. 3 e00646-17.

Информационный портал Индикатор
<https://indicator.ru/news/2017/07/25/antibiotik-bubonnaya-chuma/>

О СЛУЧАЯХ СИБИРСКОЙ ЯЗВЫ В РУМЫНИИ

По данным Министерства здравоохранения Румынии, в июне текущего года зарегистрировано и лабораторно подтверждено 2 случая заражения людей сибирской язвой в округе Богошани. Предварительно установлено, что

заражение произошло при контакте с коровой на ферме в местечке Флондора на северо-востоке страны.

Заинтересованными ведомствами Румынии проводится эпидемиологическое расследование.

Официальный сайт Роспотребнадзора
http://rosпотребнадзор.ru/about/info/news/news_details.php?ELEMENT_ID=8436

Материалы подготовили:

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

Памяти первого директора производства защитных препаратов

В конце Второй Мировой войны была получена информация о приеме в США на вооружение рецептуры ботулинического токсина – биологического яда, не имеющего себе равных по смертельному действию на человека. В Терре Хот вводится в строй завод по приготовлению ботулотоксина.

Эти факты не могли оставаться без внимания Министерства обороны СССР. В 1949 г. принимается решение об открытии научно-исследовательского центра - Научно-исследовательского института гигиены (НИИГ) в г. Свердловске. Ему ставится задача по оценке последствий применения этого оружия и по развертыванию в кратчайшие сроки микробиологических и иммунобиологических исследований по поиску противоядий от всех типов этого токсина и разработке эффективных вакцин.

Для организации и проведения исследований во вновь созданном институте были привлечены талантливые ученые и инженеры страны.

В течение пяти лет специалистами НИИГ были разработаны лабораторные технологии получения очищенных концентрированных и сорбированных на гидроокиси алюминия ботулинических анатоксинов типов А, В, Е. В 1956 г. встал вопрос о создании производственной мощности. Руководство строительством завода возглавил опытный инженер – Измаил Иванович Субботин.

Выпускник Московского института химического машиностроения и Военной академии химической защиты 1942 г., к началу строительства завода он уже имел за плечами опыт проведения технологических исследований с биологическими материалами и реконструкции лабораторно-производственной базы.

Разработке проектно-сметной документации для опытного завода предшествовал анализ передовых технологических приемов производства вакцинных материалов в народном хозяйстве и в зарубежной практике.

Особое внимание Измаил Иванович уделял разработке и подбору современного технологического отечественного и импортного оборудования, освоению пуско-наладочных регламентов производства и их тщательному оформлению.

В работе он реализовал годовое, ежемесячное и еженедельное планирование с последующим анали-



Субботин Измаил Иванович
(фото из архива филиала
ФГБУ «48ЦНИИ» Минобороны
России (г. Екатеринбург))

зом выполнения объемов строительства и действий руководителей. Эта система работы позволяла ему быть постоянно осведомленным об истинном состоянии дел и вести стройку завода без потрясений.

Помимо строительства завода, И.И. Субботин обобщал накопленный экспериментальный материал, оформил работу и защитил ее на соискание ученой степени кандидата технических наук в феврале 1968 г.

К 1969 г. строительство завода с пуско-наладочными работами на стадиях производства было завершено. И.И. Субботин в мае 1969 г. был назначен начальником института и представлен к присвоению воинского звания генерал-майор. Однако сверхчеловеческое напряжение сказалось на состоянии его

здоровья, и он умер от инфаркта миокарда в октябре 1969 г. в 49-летнем возрасте.

На сотрудниках НИИГ, кто имел возможность работать с И.И. Субботиным, осталась печать его школы, его отношения к порученному государственному делу. Эта школа продолжает развиваться в новых условиях НИР и производства.

Основные итоги работы первого директора завода НИИГ И.И. Субботина состояли:

- в разработке производственного оборудования для глубинного культивирования микроорганизмов;
- в создании многовариантной производственной мощности для производства различных защитных препаратов и профессионально подготовленного коллектива;
- в освоении промышленного выпуска качественных ботулинических анатоксинов. У государства появилась возможность создания мобилизационных резервов этих защитных препаратов;
- в разработке и апробации в заводских условиях нормативных документов, регламентирующих условия безопасного и качественного производства защитных препаратов;
- в создании школы инженеров-конструкторов и инженеров-биотехнологов.

Измаил Иванович награжден орденом Ленина, орденом Красной Звезды, медалью «За боевые заслуги» и другими медалями. Автор 48 научных работ и 7 изобретений.

Об авторе

Филиал федерального государственного бюджетного учреждения «48 Центральный научно-исследовательский институт» Министерства обороны Российской Федерации. 610000, Российская Федерация, г. Екатеринбург.

Кузнецов В.В. Ведущий научный сотрудник, канд. техн. наук.

Адрес для переписки: 48cnii@mail.ru

Наша замечательная Россия

Мост через Керченский пролив



Строительство транспортного перехода, соединяющего через Керченский пролив полуостров Крым с остальной территорией России, идет полным ходом. Переход будет состоять из двух расположенных рядом друг с другом мостов — железнодорожного и автомобильного. Автомобильный мост предполагается построить категории IB (скоростная дорога); его протяженность составит 19,9 км. Расчетная скорость движения — 120 км/ч, 4 полосы движения. Железнодорожный мост будет иметь протяженность 19,1 км. Расчетная скорость движения для пассажирских поездов — 120 км/ч, для грузовых поездов 80 км/ч; 2 пути. На начало октября 2017 установлен пролет железнодорожного моста (показан на фотографиях). В декабре 2018 г. должен состояться запуск автомобильной части моста, через год будет сдана его железнодорожная часть. Мост и автомобильные подходы к нему должны стать частью автострады А-290 Керчь–Новороссийск. В Крыму к мосту будет примыкать трасса Тавр А-150 (Керчь–Симферополь–Севастополь). Мост станет частью создаваемой кольцевой дороги вдоль Черного моря.

Фотографии М.В. Супотницкого

