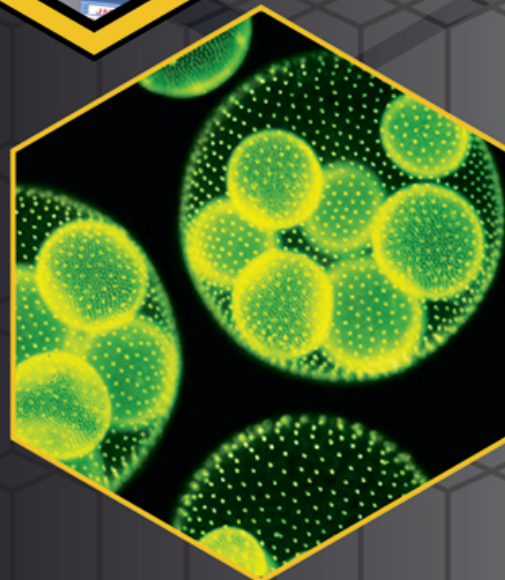




ТЕМА НОМЕРА:

НАУЧНЫЕ ПРОБЛЕМЫ
СОБЛЮДЕНИЯ КОНВЕНЦИИ
О ЗАПРЕЩЕНИИ ХИМИЧЕСКОГО ОРУЖИЯ

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

ВЕСТНИК ВОЙСК РХБ ЗАЩИТЫ

Том 1, № 1

2017

ISSN 2587-5728



9 772587 572003 >

В НОМЕРЕ:

- Биологические методы деструкции отравляющих веществ и продуктов их детоксикации
- Влияние химического оружия на тактику и оперативное искусство Первой мировой войны



Федеральная служба
по надзору в сфере связи, информационных технологий и массовых коммуникаций
(Роскомнадзор)

СВИДЕТЕЛЬСТВО

О РЕГИСТРАЦИИ СРЕДСТВА МАССОВОЙ ИНФОРМАЦИИ

ПИ № ФС77-69472

от 25 апреля 2017 г.

Название: *Вестник войск РХБ защиты*

Адрес редакции: 105005, г. Москва, Бригадирский пер., д. 13

Примерная тематика и (или) специализация: Научно-практическая: освещение важных событий и научных достижений по основным направлениям деятельности и задачам войск радиационной, химической и биологической защиты Вооруженных сил Российской Федерации (далее - войска РХБЗ), повышение профессионального уровня специалистов войск РХБЗ, возрождение интереса к истории войск РХБЗ, популяризация войск РХБЗ, привлечение молодого пополнения к службе в войсках РХБЗ, реклама в соответствии с законодательством Российской Федерации о рекламе

Форма периодического распространения
(вид - для периодического печатного издания): *Периодическое печатное издание, журнал*

Язык(и): *русский*

Территория распространения: *Российская Федерация, зарубежные страны*

Учредитель (соучредители) (адрес): *федеральное государственное бюджетное учреждение "27 Научный центр" Министерства обороны Российской Федерации (105005, г. Москва, Бригадирский пер., д. 13)*

Заместитель руководителя

В.А. Субботин

**Начальник Управления
разрешительной работы,
контроля и надзора в сфере
массовых коммуникаций**



Т.В. Денискина

086764

ВЕСТНИК ВОЙСК РХБ ЗАЩИТЫ

Рецензируемый научно-практический журнал

Том 1, № 1

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.
Глушин 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

Обращение главного редактора к читателям. 3

Проблемы соблюдения Конвенций о запрещении химического и биологического оружия

Биотехнологические методы деструкции отравляющих веществ и продуктов их детоксикации
И.В. Филимонов, А.А. Янковская, Н.В. Завьялова, А.Н. Голипад,
Д.П. Колесников, В.А. Ковтун, В.И. Холстов, Е.Н. Ефременко 4

Химическая безопасность и защита от химического терроризма

Способ ранней диагностики патологических состояний в условиях воздействия на организм физиологически активных веществ, обладающих генотоксическими свойствами
О.М. Антонова 15

Биологическая безопасность и защита от биологических угроз

Результаты исследования биологических и генетических свойств сибиреязвенных изолятов эпизоотии 2016 года в Ямало-Ненецком автономном округе
Д.Л. Павлов, Н.В. Онучина, А.В. Кузнецовский, О.О. Фоменков,
А.С. Туманов 23

Создание аппаратно-технологической линии для культивирования модифицированных линий клеток млекопитающих, экспрессирующих рекомбинантные белки
И.А. Чуркин, С.В. Борисевич, Д.А. Кутаев, В.Т. Лымарь, Ю.И. Пашенко,
Е.В. Гордеев, В.С. Кулиш, Т.М. Плеханова, Р.А. Хамитов, Е.Н. Сауткина 33

Вооружение войск РХБЗ и средства РХБ защиты

Научно-технический анализ основных направлений исследований при создании новых образцов технических средств и рецептур специальной обработки
В.П. Карпов, О.В. Казимиров, К.С. Капканец 42

Исторический архив

Влияние химического оружия на тактику и оперативное искусство Первой мировой войны (исторический очерк), часть 1
М.В. Супотницкий, С.В. Петров, В.А. Ковтун 53

Обзор важнейших международных событий в области РХБ безопасности

Правила направления и опубликования научных статей в журнале «Вестник войск РХБ защиты» 80

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: 03.03.2017 г.
Тираж 500 экз.
Отпечатано в типографии: ООО «РПЦ Офорт», 105118, г. Москва, проспект Буденного, д. 21А.
Тел./факс: 8(495) 223-38-87, e-mail: info@ofort2000.ru.

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

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

JOURNAL OF NBC PROTECTION CORPS

Peer Reviewed Scientific and Practical Journal

Vol. 1 No 1

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-Chief

Supotnitskiy M.V.

Kolesnikov D.P.

Vasko A.M.

Executive Secretary

Shilo N.I.

Science Editor

Lebedinskaya E.V.

Editorial Board

Amosov 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.

Kamyarov 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

To Our Readers from the Editor-in-Chief. 3

The Problems of Adherence to the Chemical and Biological Weapons Conventions

Biotechnological Methods of Destruction of Chemical Warfare Agents and Their Detoxication Products

I.V. Filimonov, A.A. Yankovskaya, N.V. Zavyalova, A.N. Golipad, D.P. Kolesnikov,

V.A. Kovtun, V.I. Kholstov, Ye.N. Yefremenko 4

Chemical Security and Protection against Chemical Terrorism

A New Method for Early Diagnostics of Pathological States under the Action of Physiologically Active Substances with Genotoxic Properties upon Organism

O.M. Antonova. 15

Biological Security and Protection against Biological Threats

The Results of the Research of Biological and Genetic Properties of the Anthrax Strains Isolates during the Epizootic 2016 in Yamal-Nenets Autonomous District

D.L. Pavlov, N.V. Onuchina, A.V. Kuznetsovskiy, O.O. Fomenkov,

A.S. Tumanov 23

The Creation of Technological Lines for the Cultivation of Modified Lines of Mammalian Cells Expressing Recombinant Proteins

I.A. Churkin, S.V. Borisevich, D.A. Kutaev, V.T. Lymar, Yu.I. Pashchenko,

E.V. Gordeev, V.S. Kulish, T.M. Plekhanova, R.A. Khamitov, E.N. Sautkina. 33

NBC Defence Troops Weapons and Means of NBC Protection

Scientific and Technical Analysis of the Main Trends in Research during the Development of New Decontaminants and Decontaminating Equipment

V.P. Karpov, O.V. Kazimirov, K.S. Kapkanets 42

Historical Archives

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

M.V. Supotnitskiy, S.V. Petrov, V.A. Kovtun 53

Current Event Digest: NBC Security 69**Rules for the Authors Sending and Publishing Articles**

in the «Journal of NBC Protection Corps» 80

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 March 3, 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 Sending and Publishing 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.

CRC preparation: Tyuleneva L.M.

Уважаемые товарищи, друзья, коллеги!

Перед вами первый номер научно-практического журнала «Вестник войск РХБ защиты». Необходимость издания такого журнала вызвана изменением условий, в которых приходится работать личному составу войск радиационной, химической и биологической защиты Вооруженных Сил Российской Федерации (войска РХБ защиты). Прежде всего произошло усложнение самого понятия «радиационная, химическая и биологическая защита». Если в Первую и Вторую мировые войны под химической защитой войск понималась защита от химического оружия, в послевоенное время, в связи с появлением ядерного и биологического оружия, соответственно, радиационная и биологическая защита подразумевала защиту от этих видов оружия массового поражения, то уже Чернобыльская катастрофа показала, что объективно задачи войск РХБ защиты более масштабны и будут усложняться в будущем. Присоединение ведущих государств мира к Конвенциям о запрещении биологического и химического оружия не устранило опасности применения оружия массового поражения внесистемными организациями, за которыми, кстати, могут стоять могущественные государства и их военные блоки, пожелавшие остаться в тени совершаемых преступлений. Сегодня мы видим этот симбиоз на Ближнем Востоке. Появляются новые химические и биологические агенты, не подпадающие под действие международных конвенций; некогда четкая грань между химическим и биологическим оружием стирается нанотехнологиями и соматической геномной терапией. Масштабы природных катастроф вызывают необходимость привлечения к их ликвидации войск РХБ защиты, как это было при ликвидации вспышек Конго-Крымской лихорадки в Южном федеральном округе в 1999 году и сибирской язвы на полуострове Ямал в 2016 году.

Самостоятельной и очень серьезной угрозой я считаю идущее извне навязывание российским специалистам ложных знаний вроде биологического оружия в виде пробирки или «птичесвиных гриппов», переходящих в «испанку».

Поэтому нам нужны новые объективные знания, знания на стыке наук, знания достоверные и соответствующие новым вызовам и угрозам, стоящим перед Россией. Да, мы по-прежнему обладаем уникальными научными коллективами и школами, по многим направлениям нас некому заменить в России. Но мы все это утратим, если не будем обмениваться научными достижениями и практическими знаниями как среди специалистов войск РХБ защиты, так и специалистов других организаций, работающих вместе с нами над решением общих задач защиты Российской Федерации; если мы не сделаем научную составляющую деятельности войск РХБ защиты заманчивой для молодых специалистов, еще не определившихся с жизненным выбором; если не будем привлекать знания, накопленные нашими выдающимися специалистами и специалистами других ведомств, а также знания, содержащиеся в иностранной научной литературе. Вот в этом я вижу предназначение журнала «Вестник войск РХБ защиты», первого научно-практического журнала войск РХБ защиты, созданного за 98 лет их существования.

Я предлагаю нашим ученым и ученым, работающим вместе с нами, поддержать журнал, направлять в него свои лучшие публикации, сделать все возможное для его укрепления и развития.

Главный редактор журнала

С.В. Петров

Д-р техн. наук, лауреат Ленинской премии 1991 г., генерал-полковник в отставке.

В 1989–1991 гг. начальник Химических войск СССР, в 1992–2001 гг. начальник войск РХБ защиты

Биотехнологические методы деструкции отравляющих веществ и продуктов их детоксикации

И.В. Филимонов¹, А.А. Янковская², Н.В. Завьялова¹, А.Н. Голипад¹,
Д.П. Колесников¹, В.А. Ковтун¹, В.И. Холстов³, Е.Н. Ефременко⁴

¹Федеральное государственное бюджетное учреждение
«27 Научный центр» Министерства обороны Российской Федерации,
105005, Российская Федерация, г. Москва, Бригадирский переулок, д. 13

²Федеральное управление по безопасному хранению и уничтожению химического
оружия, 115487, Российская Федерация, г. Москва, ул. Садовники, д. 4а

³Департамент реализации конвенционных обязательств Министерства
промышленности и торговли Российской Федерации, 109074, Российская Федерация,
г. Москва, Китайгородский проезд, д. 7

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

Поступила 26.12.2016 г. Принята к публикации 02.03.2017 г.

В статье представлен обзор основных результатов экспериментальных и теоретических исследований, выполненных 27 НЦ МО РФ единолично или совместно с другими научными организациями и учреждениями в период с 1989 по 2016 годы, в области разработки биопрепаратов и биотехнологических методов деструкции ОВ, продуктов их детоксикации, в том числе и реакционных масс, получаемых при промышленном уничтожении химического оружия. Показано, что ремедиация почвы и очистка воды с использованием микроорганизмов-деструкторов или их консорциумов и продуцируемых ими ферментов могут быть использованы для обезвреживания любых продуктов детоксикации ОВ, полученных при различных технологиях химической нейтрализации, и свидетельствуют о возможности осуществления, на основе биокаталитических и микробиологических процессов, экологически безопасного обезвреживания значительных объемов и концентраций загрязнителей, а также больших территорий в местах бывшего производства, хранения, уничтожения и исследования ОВ. На основе проведенного анализа в дальнейшем возможно: обосновать выбор ферментов и штаммов, отличающихся высокой разрушающей способностью и достаточной толерантностью к ОВ; разработать направления и технологические схемы получения экобиопрепаратов (биокатализаторов) на основе ферментов и бактерий деструкторов; разработать технологические схемы проведения биоремедиации загрязненных почв и очистки вод при помощи биокатализаторов – ферментов и иммобилизованных клеток бактерий.

Ключевые слова: биоремедиация почвы и очистка воды; биокатализаторы; ферменты; микроорганизмы-деструкторы; «Дорожная карта»; нейтрализующие средства; экотоксиканты; деструкция отравляющих веществ и продуктов их детоксикации; реакционные массы; уничтожение химического оружия.

Библиографическое описание: Филимонов И.В., Янковская А.А., Завьялова Н.В., Голипад А.Н., Колесников Д.П., Ковтун В.А., Холстов В.И., Ефременко Е.Н. Биотехнологические методы деструкции отравляющих веществ и продуктов их детоксикации // Вестник войск РХБ защиты. 2017. Т. 1. № 1. С. 4–14.

По мере завершения процесса уничтожения запасов ОВ возникают задачи по выявлению загрязненных территорий продуктами их детоксикации и разработке эффективных и малозатратных технологий обеззараживания и очищения почв и вод, а также нейтрализующих средств, обеспечивающих экологическую безопасность.

Создание биопрепаратов (биокатализаторов) и разработка биотехнологий обеззараживания, очистки и восстановления загрязненных почв и воды в местах бывшего производства, исследования, хранения и уничтожения ОВ способны устранить экологическую нагрузку и обеспечить деструкцию отходов промышленного уничтожения химического оружия и очистить загрязненную почву и воду [1–4].

В отличие от других методов детоксикации токсичных веществ, использование штаммов микроорганизмов-деструкторов и ферментов выгодно отличается отсутствием вторичных отходов, высокой степенью деградации, возможностью полной ассимиляции продуктов. Конечными продуктами биотехнологической деградации ОВ и продуктов их детоксикации являются углекислый газ, метан, вода и неорганические соли [5, 6].

Биотехнологические методы очистки почв становятся все более популярными в Европе и США. В Германии свыше 50 компаний, а в США еще большее их количество предлагают свои услуги по очистке почвы при помощи ферментов и микроорганизмов.

Цель работы — обобщение результатов исследований, полученных специалистами 27 НЦ МО РФ как самостоятельно, так и совместно с другими научными учреждениями по разработке биопрепаратов и биотехнологических методов деструкции малых концентраций ОВ и продуктов их деградации и детоксикации, в том числе реакционных масс (РМ), образующихся при промышленном уничтожении ХО.

С целью устранения экологической нагрузки при реализации Федеральной целевой программы «Уничтожение запасов химического оружия в Российской Федерации» [7] было создано направление по разработке биотехнологических методов деструкции отходов промышленного уничтожения ХО.

Организатором и куратором этого направления была, и остается по настоящее время, главный научный сотрудник 27 НЦ МО РФ доктор биологических наук, профессор, действительный член Академии военных наук Завьялова Наталья Васильевна.

Непосредственно под ее руководством, с 1989 по 2000 год проводились исследования по следующим направлениям:

- поиск микроорганизмов и получение генетическими методами высокопродуктивных рекомбинантных штаммов деструкторов ОВ и штаммов-продуцентов ключевых ферментов, катализирующих гидролиз ОВ;
- получение ферментных препаратов и оценка возможности их использования для деструкции ОВ и продуктов их нейтрализации;
- изучение концентрационных пределов ОВ и отработка оптимальных условий проведения микробиологического, ферментативного и комплексного процессов деструкции ОВ и продуктов их нейтрализации;
- создание экспериментальных установок и оптимизация режимов биодеградации РМ ОВ;
- разработка методов биотехнологической ремедиации почвы и очистки воды, разрушения корпусов боеприпасов и конверсии твердых отходов в технологиях уничтожения ОВ (зарин, зоман, вещество типа ви-икс, люизит и иприт);
- разработка технологических схем и предложений по технологическому оборудованию при использовании биологических методов в технологиях уничтожения ХО;
- создание биосенсоров для обнаружения и количественного определения малых концентраций ОВ;
- создание методов количественного определения ОВ и продуктов их нейтрализации;
- определение роли и места биотехнологических способов деградации ОВ и продуктов их детоксикации в общей схеме уничтожения химического оружия.

В разработке биотехнологических методов и биокатализаторов для разрушения малых концентраций ОВ и продуктов их детоксикации принимали участие ученые и специалисты научно-исследовательских учреждений войск РХБ защиты ВС РФ: 27 НЦ МО РФ, войсковых частей 26150, 47051, 23527, 61469, Военной академии РХБ защиты, а также Научно-исследовательского центра Волгоградского производственного объединения «Химпром», Московского государственного университета им. М.В. Ломоносова, Института биохимии и физиологии микроорганизмов Российской академии наук, Института биохимической физики имени Н.М. Эммануэля Российской академии наук, Института общей генетики Российской академии наук, Государственного научного центра Российской Федерации федерального государственного унитарного предприятия «Государственный научно-исследовательский институт органической химии и технологии», Научно-исследовательского института «Водгео», Научно-исследовательского института «Медстатистика» Федерального меди-



Рисунок 1 — Биопрепараты для переработки реакционных масс ФОВ

(а — препарат фермента гексагистидин-органопосфатгидролазы His₆-ОФГ; б — биокатализатор на основе фермента His₆-ОФГ, иммобилизованного на делигнифицированную пшеничную солому; в — биокатализатор на основе клеток *Pseudomonas* sp. 78Г, иммобилизованных в криогель поливинилового спирта)

ко-биологического агентства, Научно-производственного объединения «Союз».

Проведенные исследования показали и экспериментально подтвердили возможность полной микробиологической деструкции фосфонатов и ускоренного разложения иприта, малых концентраций люизита в почве и воде. В ходе выполнения указанных работ были получены следующие основные результаты:

- создана уникальная коллекция микроорганизмов, включающая более 2000 штаммов бактерий и 400 микроскопических грибов, минерализующих фосфорорганические отравляющие вещества (ФОВ) (зарин, зоман, вещества типа ви-икс) и адаптированных к развитию в присутствии иприта, люизита и продуктов их химического разрушения;
- разработана методология оценки биодеградационной активности микроорганизмов применительно ко всем изучаемым ОВ и РМ их химической детоксикации;
- разработаны и апробированы методики количественного определения ОВ и продуктов их детоксикации в почве и воде;
- получены препараты биокатализаторов на основе штаммов микроорганизмов-деструкторов и фермента гексагистидин-органопосфатгидролазы (His₆-ОФГ) для деструкции ФОВ (зарина, зомана, вещества типа ви-икс) и их РМ как в иммобилизованном виде, так и в нативном состоянии, изображенные на рисунке 1.
- подробно изучен фермент гексагистидин-органопосфатгидролаза His₆-ОФГ, способствующий эффективному гидролизу ФОВ;
- методами генетической инженерии получен уникальный микробный суперпродук-

цент, обеспечивающий высокий уровень синтеза внутриклеточной His₆-ОФГ в растворимой и высокоактивной форме;

- показана применимость полученного биокатализатора для деструкции остаточных количеств ФОВ в водных растворах РМ.

Исследованиями, проведенными в 1990-е годы, было определено, что биотехнологические методы по сравнению с другими методами уничтожения высокотоксичных соединений и продуктов их детоксикации выгодно отличаются отсутствием вторичных отходов, высокой степенью деградации, возможностью полной ассимиляции продуктов разложения, малыми энергетическими затратами. Полученные результаты дали основание считать, что использование биотехнологических методов и биокатализаторов является важным звеном в повышении безопасности и экологической чистоты в общей схеме уничтожения ХО.

В период 2003–2008 годов биотехнологические исследования проводились в рамках плановых НИР. В выполнении работ приняли участие специалисты 27 НЦ МО РФ, Московского государственного университета имени М.В. Ломоносова, Института биохимии и физиологии микроорганизмов РАН, Института биохимической физики имени Н.М. Эммануэля РАН, ФГУП «ГосНИИОХТ» и войсковых частей 47051, 23527.

В ходе проведения этих исследований был предложен и апробирован новый непрерывный метод анаэробно-аэробной биодеструкции реакционных масс зарина, зомана, вещества типа ви-икс, иприта и ипритно-люизитных смесей. Были спроектированы и созданы на базе ФГУП

«ГосНИИОХТ» одна пилотная и две экспериментальные установки.

Реактор пилотной установки, предназначенной для деструкции реакционных масс с использованием биокатализатора на основе фермента His₆-ОФГ, и экспериментальная установка для деструкции ФОВ представлены на рисунках 2 и 3.

Были созданы соответствующие технологические регламенты. Впервые в мировой практике был применен биотехнологический подход, основанный на комбинированном использовании активных биокатализаторов (фермента His₆-ОФГ, иммобилизованных клеток бактерий-деструкторов и активного ила), последовательно осуществляющих биодеградацию компонентов подлинных реакционных масс вещества типа ви-икс.

Разработана принципиальная схема биоразложения фосфорорганических компонентов РМ, которая включает в себя:

I – разложение в составе РМ остаточных концентраций вещества типа ви-икс и эфиров метилфосфоновой кислоты (МФК) биокатализатором на основе фермента His₆-ОФГ;

II – разложение МФК биокатализатором на основе клеток бактерий *Pseudomonas* sp. 78Г;

III – доочистка сточных вод под действием биокатализатора на основе активного ила с добавлением специфических штаммов бактерий.

В результате обработки РМ вещества типа ви-икс, проведенной на пилотной установке по указанной схеме, были получены сточные воды, которые по индексу токсичности и другим характеристикам удовлетворяли требованиям, предъявляемым к канализационным стокам.

Разработана методика идентификации ОВ и продуктов их детоксикации в водных растворах. Показано, что РМ ФОВ практически полностью минерализуются с образованием метана и углекислого газа, а также минеральных солей хлоридов, фторидов, сульфатов и фосфатов. Предложенный метод не имеет аналогов в мире.

Кроме этого, были разработаны технологические схемы и проведена оптимизация технологических параметров, предложены конкретные биотехнологические схемы очистки сточных вод, содержащих остаточные количества продуктов детоксикации ФОВ, создано новое поколение биосенсоров и приборов для детектирования и количественного определения малых концентраций ОВ.

На рисунке 4 приведена технологическая схема пилотной установки по биодеструкции РМ ФОВ.

Показано, что при помощи биотехнологических методов могут быть решены следующие



Рисунок 2 — Реактор пилотной установки для биодеструкции РМ вещества типа ви-икс с использованием препарата на основе фермента His₆-ОФГ



Рисунок 3 — Профессор Завьялова Н.В. объясняет принцип работы экспериментальной установки для биодеструкции РМ ФОВ

задачи: разложение малых концентраций ОВ; разложение продуктов химической нейтрализации ОВ (РМ); разложение твердых отходов; очистка сточных вод от малых концентраций ОВ и продуктов их детоксикации; биоремедиация почвы, загрязненной ОВ и продуктами их детоксикации.

Полученные результаты запатентованы (5 патентов), а также опубликованы в ряде отечественных и зарубежных научно-технических журналов [8–12].

В 2012–2014 годах в 27 НЦ МО РФ проведены теоретические исследования в рамках плановых НИР, при выполнении которых:

- проведен системный анализ методов, позволивший обосновать стадии биоремедиации почвы и очистки воды, загрязненных продуктами детоксикации ФОВ *in situ* на конверсионных объектах;
- выбраны наиболее приемлемые и необходимые в процессе биоремедиации методы исследования;
- разработан алгоритм биологической очистки почвы и очистки воды *in situ*, который представлен на рисунке 5;
- разработан порядок действий при проведении ремедиации почвы и очистки воды *in situ* с помощью биокатализаторов (рисунок 6);
- разработана принципиальная схема экологически безопасной биологической реме-

диации почвы и очистки грунтовых вод *in situ*, которая приведена на рисунке 7;

- предложена стратегия реабилитации почвы, загрязненной токсичными химикатами, для объектов хранения и уничтожения химического оружия;

- разработан алгоритм проведения оценки стоимости мероприятий по биоремедиации почвы и очистки воды *in situ* на конверсионных объектах и математический аппарат расчета затрат при проведении биоремедиации почвы и очистки воды.

Разработанные алгоритм оценки загрязненной территории, принципы проведения ремедиации почвы и очистки воды, схема проведения процесса биологической очистки в биореакторах, принципиальная схема экологически безопасной ремедиации почвы и очистки воды *in situ*, порядок действий при проведении ремедиации почвы и очистки воды с помощью биокатализаторов, предложенная стратегия реабилитации почвы, загрязненной токсичными химикатами, алгоритм проведения оценки стоимости мероприятий по биоремедиации почвы и очистки воды *in situ* являются составными частями «Дорожной карты» (Road Map) процессов санации и реабилитации территорий объектов по хранению и уничтожению ХО и территорий бывшего производства, хранения и исследования ОВ.

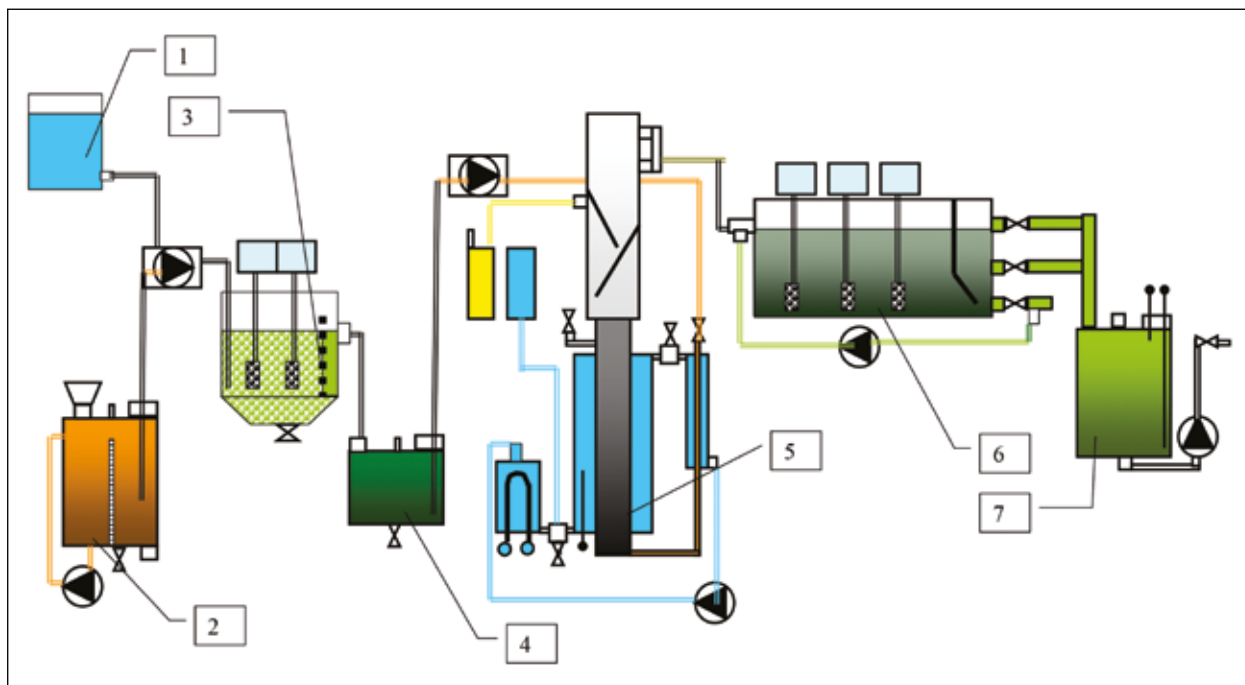
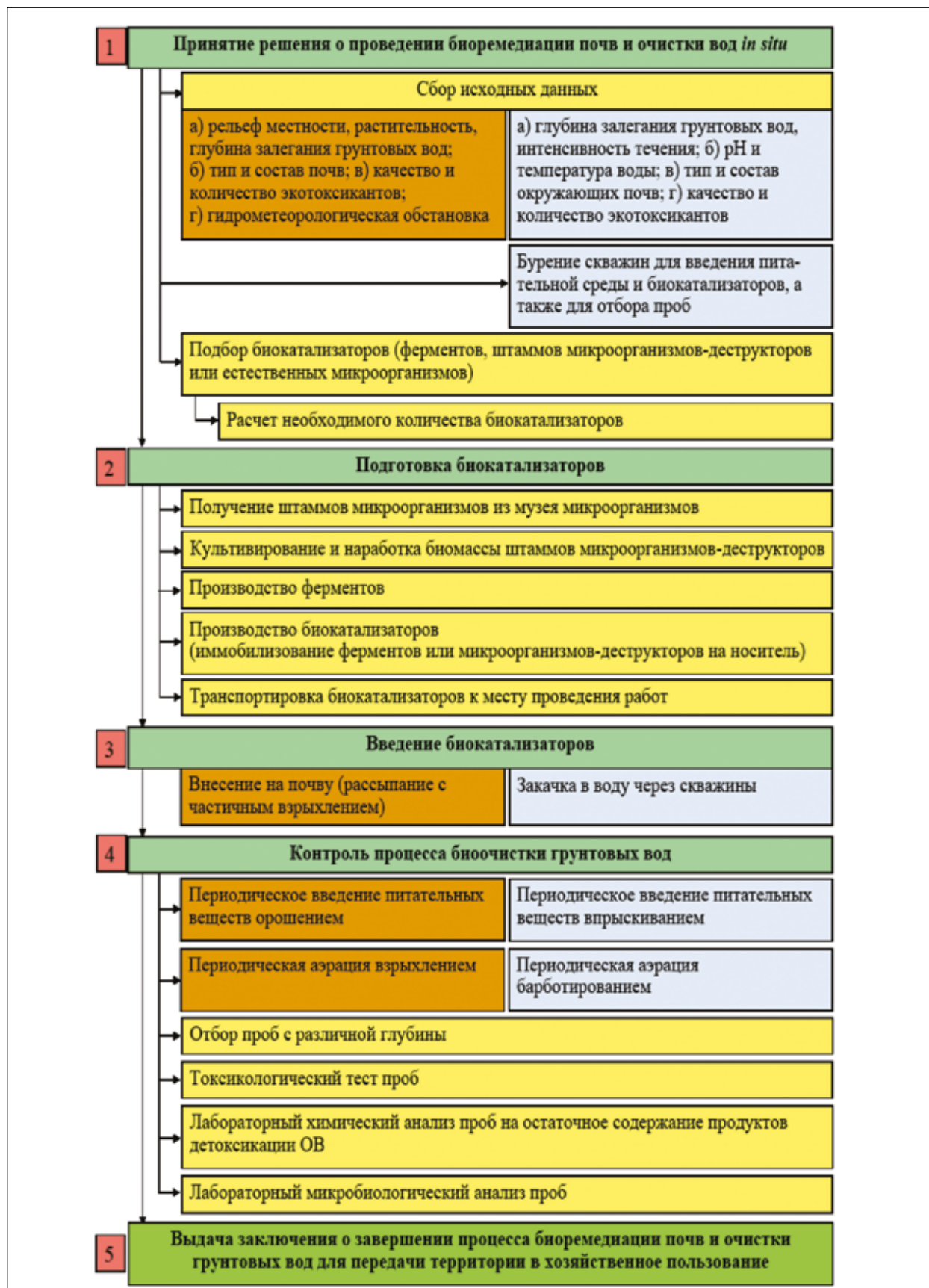


Рисунок 4 — Технологическая схема пилотной установки биодеструкции РМ вещества типа ви-икс (1 — емкость-дозатор глюкозы; 2 — кондиционный резервуар с ферментом His₆-ОФГ; 3 — аэробный реактор с иммобилизованными клетками; 4 — промежуточная емкость; 5 — анаэробный реактор; 6 — аэротенк; 7 — приемная емкость)

Рисунок 5 — Алгоритм биоремедиации почвы и очистки воды *in situ*

Рисунок 6 — Порядок действий при биоремедиации почв и очистке вод *in situ*

Биотехнологические методы деструкции отравляющих веществ и продуктов их детоксикации

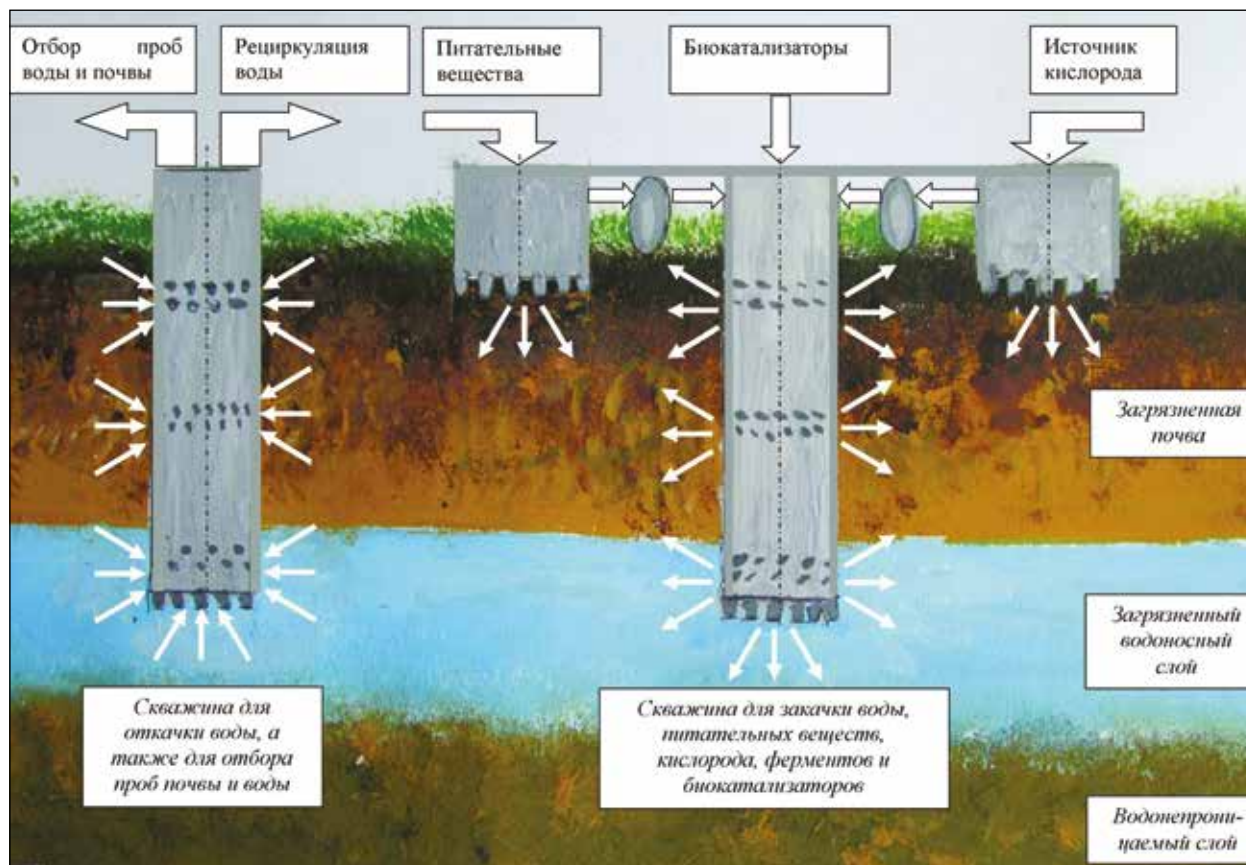


Рисунок 7 — Принципиальная схема проведения биологической очистки почвы и грунтовых вод *in situ*

Таким образом, проведенное исследование по обобщению теоретических и экспериментальных данных по разработке биокатализаторов и биотехнологических методов показало и подтвердило возможность полной биотехнологической деструкции малых концентраций ОВ и продуктов их детоксикации в составе отходов промышленного уничтожения химического оружия (продуктов химической нейтрализации ОВ – реакционных масс); биоремедиации почвы и очистки воды, загрязненных этими экотоксикантами.

Разработанные алгоритмы и «Дорожная карта» позволяют в дальнейшем: обосновать

выбор ферментов и штаммов, отличающихся высокой разрушающей способностью и достаточной толерантностью к ОВ; определить направления и технологические схемы получения экиобиопрепаратов (биокатализаторов) на основе ферментов и бактерий-деструкторов; создать технологические схемы проведения биоремедиации загрязненной почвы и очистки воды, при помощи биокатализаторов-ферментов и иммобилизованных клеток бактерий, в местах бывшего производства, хранения, уничтожения и исследования ОВ.

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. Завьялова Н.В., Филимонов И.В., Ефременко Е.Н., Холстов В.И., Янковская А.А. Биотехнологические методы и нейтрализующие средства для обеззараживания почв и очистки вод, загрязненных экотоксикантами // Теоретическая и прикладная экология. 2014. № 4. С. 26–33.
2. Завьялова Н.В., Филимонов И.В., Ковтун В.А., Голипад А.Н., Петров С.В., Стяжкин К.К., Ефременко Е.Н., Холстов В.И., Янковская А.А. Основные технологические операции и стадии биоремедиации почв и очистки вод *in situ* // Теоретическая и прикладная экология. 2014. № 4. С. 33–41.
3. Завьялова Н.В., Филимонов И.В., Ефременко Е.Н., Холстов В.И., Янковская А.А. Биокатализаторы на основе штаммов микроорганизмов и ферментов, обладающих повышенной способностью к разложению отравляющих веществ и продуктов их деструкции, в процессе очистки почв и вод // Теоретическая и прикладная экология. 2014. № 4. С. 42–50.
4. Янковская А.А., Филимонов И.В., Завьялова Н.В., Голипад А.Н., Ковтун В.А. Экологически безопасная биоремедиация почвы и очистка воды *in situ* от продуктов деструкции отравляющих веществ // Теоретическая и прикладная экология. 2016. № 4. С. 89–95.
5. Ефременко Е.Н., Лягин И.В., Гудков Д.А., Степанов Н.А., Сенько О.В., Маслова О.В., Ковалёв Д.А., Завьялова Н.В., Холстов В.И., Янковская А.А. Комбинированное применение ферментного и бактериального биокатализаторов в процессах биодеструкции ФОВ и продуктов их разложения // Теоретическая и прикладная экология. 2015. № 3. С. 35–39.
6. Ефременко Е.Н., Завьялов В.В., Завьялова Н.В., Холстов В.И., Янковская А.А. Разрыв С–Р связи в фосфонатах под действием ферментных биокатализаторов // Теоретическая и прикладная экология. 2015. № 3. С. 47–54.
7. Федеральная целевая программа «Уничтожения запасов химического оружия в Российской Федерации», утвержденная Постановлением Правительства Российской Федерации от 21.03.1996 г. № 305 (в ред. Постановлений Правительства РФ от 24.10.2005 № 639, от 21.06.2007 № 392, от 29.12.2007 № 969, от 12.09.2008 № 679, от 09.12.2010 № 1005, от 29.11.2011 № 988, от 27.12.2012 № 1420).
8. Патент РФ на изобретение № 2154103 (1999).
9. Патент РФ на изобретение № 2330717 (2008).
10. Патент РФ на изобретение № 2408724 (2011).
11. Патент РФ на изобретение № 2451077 (2012).
12. Патент РФ на изобретение № 2525658 (2014).

Об авторах

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

Филимонов Игорь Владимирович. Старший научный сотрудник, канд. техн. наук.

Завьялова Наталья Васильевна. Главный научный сотрудник, д-р биол. наук, проф., акад. АВН.

Голипад Александр Николаевич. Начальник управления, канд. техн. наук.

Колесников Дмитрий Петрович. Заместитель начальника центра, канд. техн. наук, доцент.

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

Федеральное управление по безопасному хранению и уничтожению химического оружия, 115487, Российская Федерация, г. Москва, ул. Садовники, д. 4а.

Янковская Александра Анатольевна. Старший офицер отдела.

Департамент реализации конвенционных обязательств Министерства промышленности и торговли Российской Федерации. 109074, Российская Федерация, г. Москва, Китайгородский проезд, д. 7.

Холстов Виктор Иванович. Директор, д-р хим. наук, проф.

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

Ефременко Елена Николаевна. Зав. лабораторией, д-р биол. наук, проф.

Адрес для переписки: Завьялова Наталья Васильевна; natzavjalova@rambler.ru

Biotechnological Methods of Destruction of Chemical Warfare Agents and Their Detoxication Products

I.V. Filimonov, A.A. Yankovskaya, N.V. Zavyalova, A.N. Golipad, D.P. Kolesnikov,
V.A. Kovtun, V.I. Kholstov, Ye.N. Yefremenko

¹*Federal State Budgetary Establishment «27 Scientific Centre» of the Ministry of Defence of the Russian Federation, Brigadirskii Lane 13, Moscow 105005, Russian Federation*

²*Federal Directorate for Safe Storage and Destruction of Chemical Weapons, Sadovniki Street 4a, Moscow 115487, Russian Federation*

³*Department for Implementation of Convention-Related Obligations, Ministry of Industry and Trade of the Russian Federation, Kitaygorodksy Drive 7, Moscow 109074, Russian Federation*

⁴*Lomonosov Moscow State University, Faculty of Chemistry, Leninskie Gory 1-3, Moscow 119234, Russian Federation*

The work presents an overview of the main results of experimental and theoretical researches made by the Federal State Budgetary Establishment «27 Scientific Centre» of the Ministry of Defence of the Russian Federation together with other scientific organizations and institutions in 1989–2014 in the sphere of the development of biocatalysts, and biotechnological methods of destruction of chemical warfare agents (organophosphorus agents) and the products of their detoxication, including the reactionary masses, obtained during the industrial destruction of chemical weapons. The article shows that the methods of the remediation of soil and purification of water with the usage of microorganisms-destroyers or their consortiums and their enzymes can be used for the neutralization of any detoxication products of chemical warfare agents, obtained by the usage of different technologies of chemical neutralization. This indicates the possibility of environmentally friendly neutralization and detoxification of considerable volume and concentrations of agents as well as large territories at the sites of former production, storage and destruction of chemical warfare agents. These eco-friendly and safe neutralization and detoxification technologies can be based on microbial biocatalytic processes. The authors assert that on the basis of the analysis mentioned above it is possible to substantiate the choice of the enzymes and the strains with high destruction ability and tolerance towards toxic agents, to elaborate the technological schemes of the production of the eco-biopreparations (biocatalysts) on the basis of the enzymes and microorganisms-destroyers and to develop the technological schemes of the remediation of soil and purification of water using biocatalyst-enzymes and immobilized bacterial cells.

Keywords: *bioremediation of soils and water purification; biocatalysts; enzymes; microorganisms-destroyers; «Road Map»; neutralizing agents; ecotoxic substances; degradation of organophosphorous agents and their detoxication products; reactionary masses; chemical weapons destruction.*

For citation: *Filimonov I.V., Yankovskaya A.A., Zavyalova N.V., Golipad A.N., Kolesnikov D.P., Kovtun V.A., Kholstov V.I., Yefremenko Ye.N. Biotechnological Methods of Destruction of Chemical Warfare Agents and Their Detoxication Products // Journal of NBC Protection Corps. 2017. V. 1. № 1. P. 4–14.*

Conflict of interest statement

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

Peer review information

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

References

1. Zavyalova N.V., Filimonov I.V., Yefremenko Ye.N., Kholstov V.I., Yankovskaya A.A. Biotechnological methods and neutralizing agents for decontamination of soil and water treatment, polluted with ecotoxins // *Teoreticheskaya i prikladnaya ekologiya*. 2014. № 4. P. 26–33 (in Russian).
2. Zavyalova N.V., Filimonov I.V., Kovtun V.A., Golipad A.N., Petrov S.V., Styazhkin K.K., Yefremenko Ye.N., Kholstov V.I., Yankovskaya A.A. The main process steps and stages of bioremediation of soil and water purification *in situ* // *Teoreticheskaya i prikladnaya ekologiya*. 2014. № 4. P. 33–41 (in Russian).
3. Zavyalova N.V., Filimonov I.V., Yefremenko Ye.N., Kholstov V.I., Yankovskaya A.A. Biocatalysts based on strains of microorganisms and enzymes having an increased ability to degrade toxic substances and their degradation products during cleaning of soils and waters // *Teoreticheskaya i prikladnaya ekologiya*. 2014. № 4. P. 42–50 (in Russian).
4. Yankovskaya A.A., Filimonov I.V., Zavyalova N.V., Golipad A.N., Kovtun V.A. Ecologically safe bioremediation of soil and water purification *in situ* from chemical warfare agents destruction products // *Teoreticheskaya i prikladnaya ekologiya*. 2016. № 4. P. 89–95 (in Russian).
5. Yefremenko Ye.N., Lyagin I.V., Gudkov D.A., Stepanov N.A., Sen'ko O.V., Maslova O.V., Kovalev L.A., Zavyalova N.V., Kholstov V.I., Yankovskaya A.A. Combined application of enzymatic and bacterial biocatalysts in the processes of biodegradation of organophosphorous chemical warfare agents and products of their destruction // *Teoreticheskaya i prikladnaya ekologiya*. 2015. № 3. P. 35–39 (in Russian).
6. Yefremenko Ye.N., Zavyalov V.V., Zavyalova N.V., Kholstov V.I., Yankovskaya A.A. Cleavage of C–P bond in phosphonates under the action of enzymatic biocatalysts // *Teoreticheskaya i prikladnaya ekologiya*. 2015. № 3. P. 47–54 (in Russian).
7. The federal target program «Chemical weapons destruction in the Russian Federation», approved by RF Government Decree of 21.03.1996 № 305 (as amended. RF Government Decree of 24.10.2005 № 639, from 21.06.2007 № 392, from 29.12.2007 / № 969, from 12.09.2008 № 679, from 09.12.2010 № 1005, from 29.11.2011 № 988, from 27.12.2012 № 1420) (in Russian).
8. Patent RU № 2154103 (1999) (in Russian).
9. Patent RU № 2330717 (2008) (in Russian).
10. Patent RU № 2408724 (2011) (in Russian).
11. Patent RU № 2296164 (2007) (in Russian).
12. Patent RU № 2360967 (2009) (in Russian).

Authors

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

Filimonov I.V. Senior Researcher. Candidate of Technical Sciences.

Zavyalova N.V. Leading Researcher. Doctor of Biological Sciences, Professor, Academician of the Academy of Military Sciences.

Golipad A.N. Chief of the Department. Candidate of Technical Sciences.

Kolesnikov D.P. Deputy Head of the Centre. Candidate of Technical Sciences, Associate Professor.

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

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

Yankovskaya A.A. Senior Officer of the Department.

Department for Implementation of Convention-Related Obligations, Ministry of Industry and Trade of the Russian Federation. Kitaygorodsky Drive 7, Moscow 109074, Russian Federation.

Kholstov V.I. Director. Doctor of Chemical Sciences, Professor.

Lomonosov Moscow State University, Faculty of Chemistry. Leninskie Gory 1-3, Moscow 119234, Russian Federation.

Yefremenko Ye.N. Laboratory Chief. Doctor of Biological Sciences, Professor.

Address: Zavyalova Natalya Vasilyevna; natzavjalova@rambler.ru

Способ ранней диагностики патологических состояний в условиях воздействия на организм физиологически активных веществ, обладающих генотоксическими свойствами

О.М. Антонова

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

Поступила 14.12.2016 г. Принята к публикации 02.03.2017 г.

Разработан способ ранней диагностики патологических состояний в условиях воздействия на организм физиологически активных веществ (ФАВ), обладающих генотоксическими свойствами. Способ заключается в оценке микросомальной системы печени при действии ксенобиотиков алкилирующего типа и состояния системы микросомального окисления *in vivo*. Предлагается предварительно оценивать норму реакции организма (фенотип биообъекта) по интенсивности микросомального окисления при изучении токсикологических характеристик ФАВ, воздействующих на организм в дозах низкой интенсивности. Способ включает характеристику наследственно обусловленной интенсивности эпоксилирующих (гидроксилирующих) реакций метаболизма с использованием карбамазепина в качестве фармакологического зонда. Сформулированы определения понятий нормы, порога вредного действия и предпатологических состояний организма с позиции детоксикации ксенобиотиков.

Ключевые слова: индивидуальные различия; гетерогенность популяции; фенотип; фармакокинетика карбамазепина; ксенобиотики алкилирующего типа.

Библиографическое описание: Антонова О.М. Способ ранней диагностики патологических состояний в условиях воздействия на организм физиологически активных веществ, обладающих генотоксическими свойствами // Вестник войск РХБ защиты. 2017. Т. 1. № 1. С. 15–22.

Физиологически активные вещества (ФАВ) различного происхождения способны вызывать патологические процессы в организме человека, трудно поддающиеся своевременному распознаванию существующими методами клинической диагностики. Затрудняет установление факта поражения ФАВ наличие популяционных различий в генотипах людей, приводящих к различным, иногда противоположным ответам биохимических и физиологических систем человека на такое воздействие [1–3].

Цель настоящей работы – разработать способ ранней диагностики патологических состо-

яний человека, вызванных воздействием ФАВ, обладающих генотоксическими свойствами.

Материалы и методы

Оценить факт воздействия ФАВ и их последствий на организм человека возможно, используя метод фенотипирования, в частности, метод фармакологического зондирования. Суть метода заключается в разделении популяции на группы (фенотипы) по значениям фармакокинетических параметров хорошо изученного лекарственного препарата (фармакологического зонда) при воздействии на организм в эквивалентной дозе, характеризующей

физиологическую норму организма. Фармакокинетические параметры фармакологического зонда отражают интенсивность элиминации препарата и косвенно характеризуют активность ферментов, участвующих в его метаболизме, как в норме, так и после воздействия на организм ФАВ, метаболизм которого протекает с участием тех же ферментных систем.

При изучении формирования адаптационно-компенсаторных метаболических реакций использовали клинически здоровых белых нелинейных крыс, имеющих сходные с человеком качественные характеристики изоферментов цитохрома P-450 [3].

В качестве ФАВ, обладающих генотоксическими свойствами, использовали сернистый иприт и радиоизотоп урана-238 (биомаркеры воздействия). Мишенью данных генотоксикантов являются митохондриальные ДНК, непосредственно близкие к дыхательной цепи, участвующие в экспрессии генов по инициации активных форм кислорода [4]. В качестве фармзонда использовали карбамазепин (биомаркер эффекта), биотрансформация которого проходит с образованием эпоксиформ [5]. Карбамазепин – ГАМК-миметик, трансформируется монооксигеназной системой по эпоксиддиольному пути и относится к лекарственным противосудорожным средствам. Иприт вводили внутривенно в дозе $0,1 \text{ LD}_{50}$ (0,15 мг/кг), радиоизотоп урана-238 – внутримышечно в эквивалентной дозе ($0,1 \text{ LD}_{50} = 0,0012 \text{ мКи/кг}$). Дозы $0,1 \text{ LD}_{50}$ исследуемых веществ определяются в области пороговых значений.

Эксперимент проводили в условиях *in vivo*. Для установления нормы реакции у животных определяли фармакокинетические параметры карбамазепина при его пероральном введении в дозе 25 мг/кг в 1 % водном растворе крахмала в объеме 10 мл/кг. Всего обследовано 200 животных, из которых выделено по девять особей с быстрым и медленным метаболизмом карбамазепина. Разграничение особей на различные фенотипы, характеризующие интенсивность элиминации карбамазепина по эпоксиддиольному пути, осуществляли по достоверно отличающимся расчетным значениям фармакокинетических параметров препарата, найденным по его концентрации в плазме крови исследуемых биообъектов.

На рисунках 1, 2 показаны значения нормы клиренса карбамазепина для особей с быстрым и медленным типами эпоксидирования. Клиренс обоснован в качестве основного показателя, характеризующего скорость удаления вещества из организма, который в данном случае отражает интенсивность процессов эпоксидирования карбамазепина. По истечении двух недель выделенных особей

каждого фенотипа подвергали воздействию генотоксикантом и определяли фармакокинетические параметры карбамазепина при его повторном введении в разные сроки интоксикации в течение двух месяцев. Кровь у крыс забирали из подъязычной вены на 1, 3, 7, 14, 30 и 60 сут. Предварительно показано, что в контрольной группе животных отсутствуют значимые различия фармакокинетических параметров карбамазепина в установленные сроки наблюдения [3].

Пробоподготовку осуществляли путем отбора в пробирки по 1 мл плазмы крови. Плазму подкисляли добавлением 50 мкл 6 М HCl. Затем небольшими порциями в течение 30 с приливали 8 мл хлороформа, после чего добавляли 60 мг аммония сернокислого. Каждое добавление реактивов сопровождалось интенсивным перемешиванием проб. Полученные таким образом пробы центрифугировали 10 мин при 3000 об./мин. Затем 6 мл супернатанта отбирали в чистые пробирки и выпаривали потоком воздуха до сухого остатка при 42 °С. После чего в пробирки добавляли по 100 мкл метилового спирта, встряхивали в течение 30 с и проводили хроматографический анализ полученного раствора.

Концентрацию фармзонда определяли в плазме крови крыс с помощью жидкостной обращенно-фазовой хроматографии. Оптимизацию параметров хроматографического разделения карбамазепина проводили на колонках Zorbax SB-C18 (4,6 × 250 мм, 5 мкм) на высокоэффективном жидкостном хроматографе (ВЭЖХ) Agilent HP 1100 фирмы «Hewlett Packard» (США). Идентификацию карбамазепина осуществляли при $\lambda = 290 \text{ нм}$ и подвижной фазе метанол-вода в соотношении 70:30 объемных единиц. Скорость потока подвижной фазы составила 1 мл/мин. Преимуществом ВЭЖХ является высокая чувствительность и селективность определяемых соединений в биологических средах организма.

Математическую обработку результатов по расчету интегральных модельно-независимых фармакокинетических параметров производили с использованием метода статистических моментов [6]. Основным достоинством модельно-независимого метода статистических моментов является его объективность, получаемые оценки параметров в минимальной степени зависят от субъективных факторов.

Результаты и обсуждение

Результаты исследований, полученные при оценке фармако-, токсикокинетических характеристик ФАВ в организме, учитывающие генотип биообъекта, являются ключевыми по поиску биомаркеров токсического воздействия и эффекта, что способствует раз-

работке способов донозологической диагностики патологических состояний организма. Данный постулат основан на современных представлениях инициации механизма токсичности ФАВ, состоящий из трех этапов [7]. Первый этап характеризуется воздействием вещества или активных форм метаболитов (биомаркер воздействия) на организм и инициацией экспрессии генов. Второй этап определяется генетическим кодом организма и экспрессией сигналов, путем транскрипции матричной РНК (мРНК) с кодирующего участка ДНК (кДНК). На данном этапе определяется состав протеома (белковых молекул). Третий этап характеризуется установлением каталитических факторов метаболизма про-

теома. Осуществляется синтез *de novo* необходимых белков или биологических структур, в том числе рецепторных (биомаркеры эффекта). Регуляция взаимодействий циклична, так как вещество воздействует на геном, иницируя экспрессию генов, а метаболитом регулирует геном через генную транскрипцию посредством специальных белково-метаболических взаимодействий. Учитывая основные этапы в инициации механизма токсичности ФАВ, нами разработан способ определения состояния системы микросомального окисления *in vivo*, включая характеристику наследственно обусловленной интенсивности эпоксилирующих реакций метаболизма (образование метаболитов с промежуточными эпоксифор-

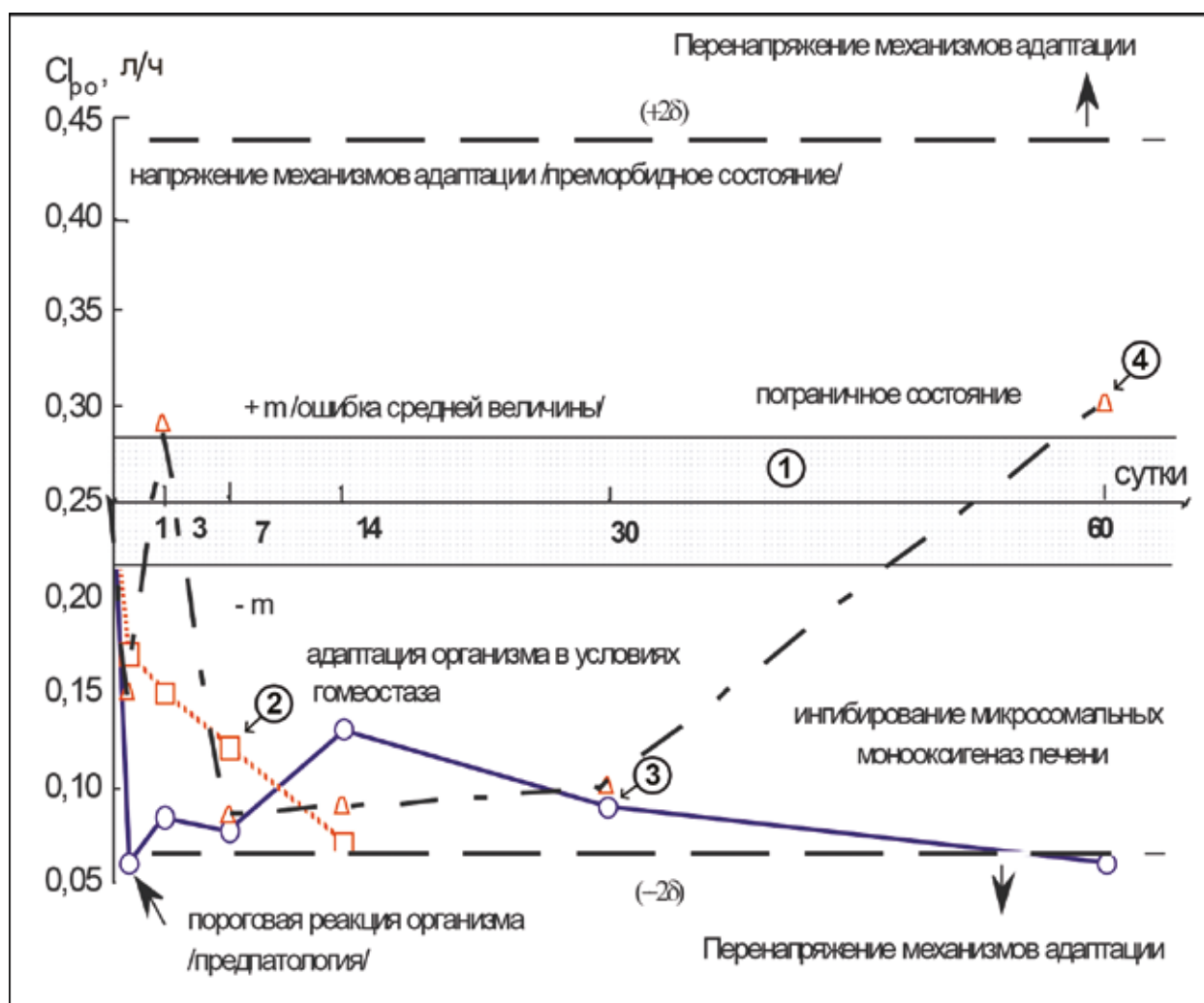


Рисунок 1 — Влияние иприта и радиоизотопа урана-238 на величину клиренса карбамазепина у крыс с быстрым типом эпексидирования

(1 — контрольное значение клиренса карбамазепина и его стандартная ошибка ($0,25 \pm 0,032$), количество животных — 9; 2 — величина клиренса карбамазепина после внутримышечного введения крысам радиоизотопа урана-238 в дозе $0,1 LD_{50}$; 3 — величина клиренса карбамазепина после внутривенного введения крысам иприта в дозе $0,1 LD_{50}$; 4 — величина клиренса карбамазепина после комбинированного действия на организм крыс иприта и радиоизотопа урана-238 в эквиволярных дозах)

мами) [8]. Основные результаты теста представлены на рисунках 1, 2. Анализ данных, представленных графически на рисунках 1, 2, свидетельствует о разнонаправленном изменении показателя клиренса карбамазепина при однократном действии на организм крыс иприта или радиоизотопа урана-238 в дозах $0,1 LD_{50}$. Для крыс с быстрым типом эпоксидирования характерно ингибирование микросомальных монооксигеназ печени крыс, тогда как для животных с медленным фенотипом – активация. Активация микросомальных монооксигеназ печени для особей с медленным типом эпоксидирования (медленным фенотипом метаболизма) характеризует значение параметра клиренса, вышедшее

за рамки величины $+2\delta$, что свидетельствует о перенапряжении механизмов адаптации в первые трое суток. К тридцатым суткам интоксикации интенсивность реакций детоксикации для этой группы животных приходит в норму. Для особей с быстрым типом эпоксидирования (быстрым фенотипом метаболизма) характерен более длительный период адаптации на протяжении всего периода наблюдения. Для данной группы животных при внутривенном введении иприта значения клиренса карбамазепина практически совпадают с величинами, отражающими достоверные границы -2δ , что свидетельствует о напряжении механизмов адаптации. Очевидно, для особей с медленным типом эпоксидиро-

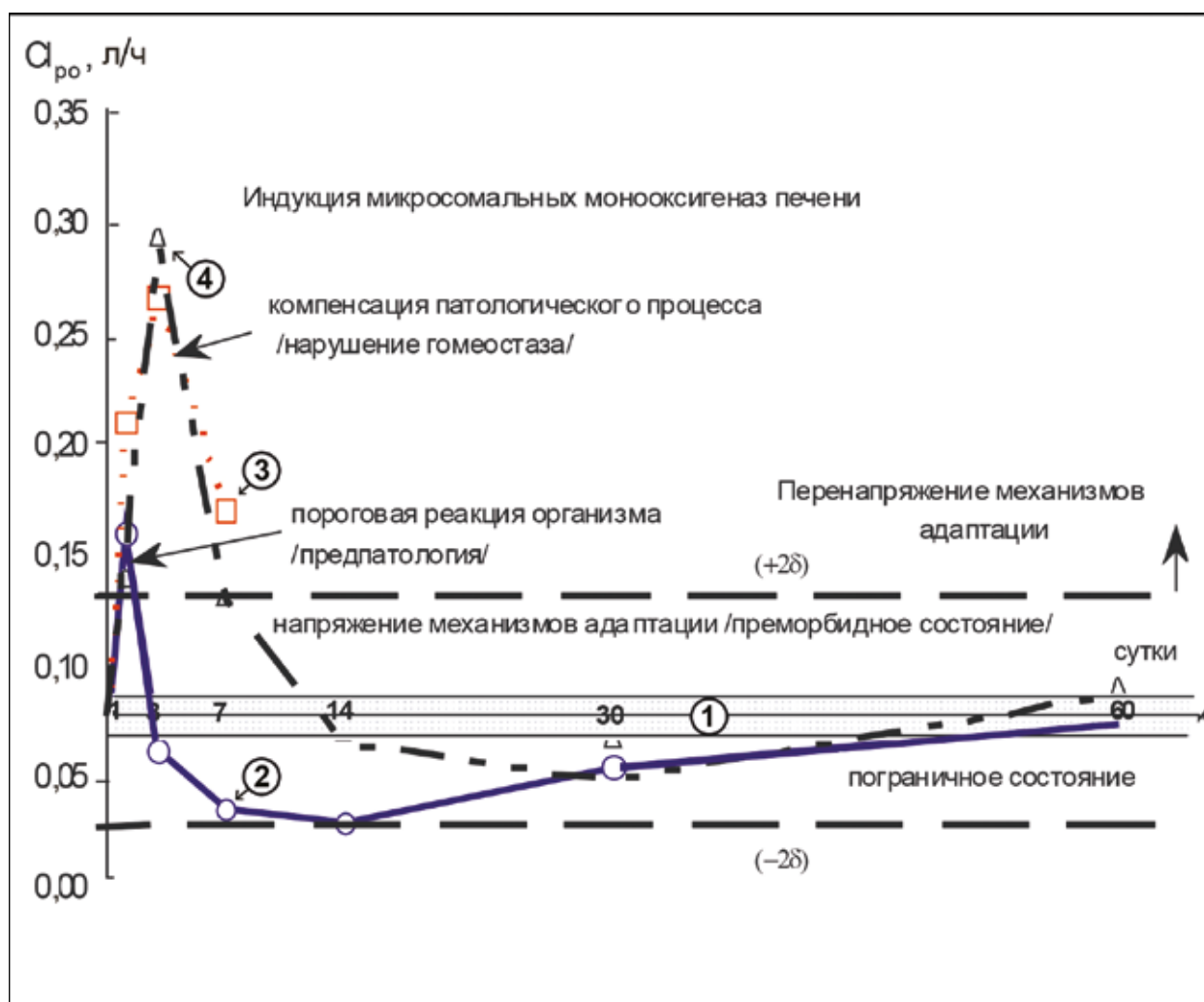


Рисунок 2 — Влияние иприта и радиоизотопа урана-238 на величину клиренса карбамазепина у крыс с медленным типом эпоксидирования

(1 — контрольное значение клиренса карбамазепина и его стандартная ошибка ($0,078 \pm 0,0088$), количество животных – 9; 2 — величина клиренса карбамазепина после внутривенного введения крысам иприта в дозе $0,1 LD_{50}$; 3 — величина клиренса карбамазепина после внутримышечного введения крысам радиоизотопа урана-238 в дозе $0,1 LD_{50}$; 4 — величина клиренса карбамазепина после комбинированного действия на организм крыс иприта и радиоизотопа урана-238 в эквимоллярных дозах)

вания адаптационные возможности организма лежат в более узком диапазоне, при условии, когда токсическое действие в большей степени зависит от исходных веществ, а не вновь образующихся активных форм метаболитов.

Адаптационно-компенсаторные реакции организма, характеризующие быстрый и медленный типы элиминации карбамазепина, реагируют на воздействие радиоизотопа урана-238 сходным образом, как при воздействии иприта. Необходимо особо подчеркнуть, что к третьим суткам интоксикации особи с медленным типом эпексидирования после воздействия радиоизотопа урана-238 имеют значения фармакокинетических параметров карбамазепина, характерные для особей с быстрым типом метаболизма в норме. Тогда как интенсивность метаболизма монооксигеназной системы для особей с быстрым фенотипом снижается и приближается к нормальным значениям, характерным для особей с медленным фенотипом. Таким образом, без разделения особей на фенотипы факт воздействия урана-238 в области пороговой дозы ($0,1 LD_{50}$) к третьим суткам интоксикации не обнаруживается.

Комбинированное действие иприта и радиоизотопа урана-238 существенным образом не отличается от отклика ферментов монооксигеназной системы по интенсивности микро-

сомального эпексидирования карбамазепина при раздельном воздействии химического и физического факторов. Очевидно, активность и содержание ферментов печени, участвующих в детоксикации исследуемых веществ, достаточна для адаптации монооксигеназной системы и не приводит к существенному изменению адаптационно-компенсаторных реакций организма при комбинированном воздействии химического и физического факторов.

Анализ представленных данных свидетельствует, что разработанный способ позволяет увеличить точность и чувствительность ранней диагностики параметров функционирования жизненно важных систем организма человека в условиях *in vivo* путем установления популяционной чувствительности к воздействию веществу по фармакокинетике фармакологического зонда. Практическая ценность полученных результатов заключается в том, что предварительное популяционное деление на фенотипы позволяет выявить именно 5 % особей, у которых значения показателей нормы выходят за пределы референт-диапазона. Такой подход особенно важен в связи с тем, что рекомендуемые санитарные стандарты исходно рассчитаны не на всю популяцию. Пять процентов населения в условиях соблюдения ПДК могут оказаться пораженными, в связи с тем, что изначально-



Рисунок 3 — Определение понятий нормы, порога вредного действия и предпатологических состояний организма с позиции детоксикации ксенобиотиков

(1 — контрольные значения клиренса и его стандартная ошибка ($M \pm m$); 2 — граница стандартного отклонения ($\pm 2\delta$); 3 — величина стандартной ошибки клиренса при пороговой реакции организма)

но закладывается достоверность выводов, равная 95 % ($\pm 2\delta$). В настоящее время стандартное отклонение предлагается увеличить до $\pm 3\delta$ [9]. Однако даже при таком подходе существуют люди с показателями нормы, попадающие в группу повышенного риска из-за особенностей онтогенеза.

Результатом проведенных исследований является иллюстрация наиболее важных возможных механизмов при формировании адаптационно-компенсаторных реакций организма (рисунок 3). На основании проведенного анализа литературных источников об общепризнанных представлениях функционирования организма в норме [10, 11], а также собственных экспериментальных исследований предлагаем использовать понятие нормы и определения адаптационно-компенсаторных состояний организма с позиции детоксикации ксенобиотиков (рисунок 3) [8].

Выводы

1. Разработан способ определения состояния системы микросомального окисления *in vivo*, позволяющий повысить чувствительность и специфичность методов ранней диагностики патологических состояний биообъекта в условиях воздействия на организм ФАВ, обладающих генотоксическими свойствами.

2. Установлено, что крайние значения фармакокинетических показателей фармзонда (карбамазепина), попадающие в 5 %-ный диапазон нормы, по-разному отвечают на воз-

действие вредного фактора. Для одной группы биообъектов (медленный фенотип метаболизма веществ по эпоксиддиольному пути) после воздействия иприта и радиоизотопа урана-238 в дозах в области пороговых значений ($0,1 LD_{50}$) происходит активация процессов адаптации по значениям клиренса карбамазепина. Для другой группы биообъектов (быстрый фенотип) – ингибирование.

3. Норма реакции организма на ФАВ может быть установлена по интенсивности микросомального окисления.

Словарь терминов

Генотип – совокупность всех генов, присущих конкретной особи.

Фенотип – совокупность наблюдаемых характерных свойств организма, а также проявление его изменчивости, с учетом содержания и активности конститутивных (при рождении организма) биомолекулярных структур.

Референтный диапазон – 95 % результатов исследуемого показателя нормы, расположенные в пределах среднего значения $\pm 2\delta$.

Биомаркер воздействия – физиологически активное вещество, присутствующее в биосубстратах биообъекта, воздействует на геном и инициирует экспрессию генов.

Биомаркер эффекта – эндогенное соединение и (или) метаболиты вещества, являющиеся индикаторами нарушения функции органа или системы органов.

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. Березовская И.В. Прогноз безопасности лекарственных средств в доклинических токсикологических исследованиях // Токсикологический Вестник. 2010. № 5 (104). С. 17–22.

2. Гуськова Т.А. Лекарственная токсикология и безопасность лекарственных средств // Сб. трудов IV съезда токсикологов России, 6–8 ноября 2013 г. Москва / Федеральная служба по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека. М.: Изд-во Capital Press, 2013. С. 14–16.

3. Патент РФ на изобретение № 2104539 (1998).

4. Жанатаев А.К., Дурнев А.Д. Актуальные задачи современной генетической токсикологии // Сб. трудов IV съезда токсиколо-

логов России, 6–8 ноября 2013; г. Москва / Федеральная служба по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека. М.: Изд-во Capital Press, 2013. С. 16–18.

5. Сычев Д.А., Раменская Г.В., Игнатьев И.В., Кукес В.Г. Клиническая фармакогенетика: Учебное пособие / Под ред. Кукеса В.Г., Бочкова Н.П. М.: ГЭОТАР-Медиа, 2007. С. 35–36.

6. Пиотровский В.К. Метод статистических моментов и интегральные модельно-независимые параметры фармакокинетики // Фармакология и токсикология. 1986. № 5. С. 118–127.

7. Клиническая лабораторная диагностика: национальное руководство: в 2 т. Т. I / Под

ред. проф. Долгова В.В., проф. Меньшикова В.В. М.: ГЭОТАР-Медиа, 2013. 928 с.

8. Патент РФ на изобретение № 2227296 (2004).

9. Маршалл В.Дж., Бангерт С.К. Клиническая биохимия, 6-е изд., перераб. и доп. / Пер. с англ. М.-СПб.: Изд. «БИНОМ»–«Диалект», 2014. С. 19.

10. Трахтенберг И.М., Сова Р.Е., Шефтель В.О.,

Оникиенко Ф.А. Проблема нормы в токсикологии (современные представления и методические подходы, основные параметры и константы) / Под ред. Трахтенберга И.М. М.: Медицина, 1991. 208 с.

11. Баевский Р.М. Прогнозирование состояний на грани нормы и патологии. М.: Медицина, 1979. 298 с.

Об авторах

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

Антонова Ольга Михайловна. Ведущий научный сотрудник, д-р биол. наук.

Адрес для переписки: Антонова Ольга Михайловна; 27nc_1@mil.ru

A New Method for Early Diagnostics of Pathological States under the Action of Physiologically Active Substances with Genotoxic Properties upon Organism

O.M. Antonova

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

The article is dedicated to the new method for early diagnostics of pathological conditions under the action of physiologically active substances with genotoxic properties. The method allows the evaluation of microsomal system of the liver under the action of xenobiotic alkylating type and the condition of microsomal oxidation system *in vivo*. It is supposed to assess preliminary the norm of the reaction of organism (phenotype of bio-object) by the intensity of microsomal oxidation during the study of the toxicological characteristics of physiologically active substances influencing the organism at low doses. The method includes the characteristics of hereditary intensity of epoxidation (hydroxylation) reactions of metabolism. Carbamazepine is used as a pharmacological probe. The article formulates the definition of the concept of norm, threshold for the harmful effect and prepatological state of organism.

Keywords: individual differences; population heterogeneity; phenotype; carbamazepine pharmacokinetics; xenobiotics alkylating type.

For citation: Antonova O.M. A New Method For Early Diagnostics of Pathological States under the Action of Physiologically Active Substances with Genotoxic Properties upon Organism // Journal of NBC Protection Corps. 2017. V. 1. № 1. P. 15–22.

Conflict of interest statement

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

Peer review information

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

References

1. Berezovskaya I.V. Forecasting of medicinal products safety in preclinical toxicological studies // Toxicological Review. 2010. № 5 (104). P. 17–22 (in Russian).
2. Guskova T.A. Drug toxicology and safety of drugs // A collection of papers from the IV Congress of Toxicologists of Russia (November 6–8, 2013, Moscow) / Federal Service for the Oversight of Consumer Protection and Welfare. Moscow: Capital Press, 2013. P. 283–285 (in Russian).
3. Cychev D.A., Ramenskaya G.V., Ignat'yev I.V., Kukes V.G. Clinical Pharmacogenetics // Ed. Kukes V.G., Bochkov N.P. Moscow: GEOTAR-Media, 2007. P. 35–36 (in Russian).
4. Zhanataev A.K., Durnev A.D. Actual problems of modern genetic toxicology // A collection of papers from the IV Congress of Toxicologists of Russia (November 6–8, 2013, Moscow) / Federal Service for the Oversight of Consumer Protection and Welfare. Moscow: Capital Press, 2013. P. 16–18 (in Russian).
5. Patent RU № 2104539 (1998) (in Russian).
6. Piotrovskii V.K. The method of statistical moments and the integral model-independent parameters of pharmacokinetics // Journal of Pharmacology and Toxicology. 1986. № 5. P. 118–127 (in Russian).
7. Dolgov V.V., Menshikov V.V. Clinical laboratory diagnostics. National Manual. In 2 vols. V. 1. Moscow: GEOTAR-Media, 2013. 928 p. (in Russian).
8. Patent RU № 2227296 (2004) (in Russian).
9. Marshall V.J., Bangert S.K. Clinical biochemistry, 6th ed., updated and revised // Transl. from Eng. Moscow – SPb.: BINOM-Dialect, 2014. P. 19 (in Russian).
10. Trakhtenberg I.M. Ed., Sova R.E., Sheftel' V.O., Onikienko F.A. The problem of norm in toxicology (contemporary concepts and methodological approaches, the main parameters and constants). Moscow; Meditsina, 1991. 208 p. (in Russian).
11. Bayevsky R.M. Forecasting of states on the verge of norm and pathology. Moscow; Meditsina, 1979. 298 p. (in Russian).

Authors

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

Antonova O.M. Leading Researcher. Doctor of Biological Sciences.

Address: Antonova Olga Mikhailovna; 27nc_1@mil.ru

Результаты исследования биологических и генетических свойств сибиреязвенных изолятов эпизоотии 2016 года в Ямало-Ненецком автономном округе

Д.Л. Павлов, Н.В. Онучина, А.В. Кузнецовский, О.О. Фоменков, А.С. Туманов

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

Поступила 15.12.2016 г. Принята к публикации 02.03.2017 г.

В статье представлены результаты исследований изолятов *Bacillus anthracis*, отобранных в ходе ликвидации эпизоотии сибирской язвы в Ямало-Ненецком автономном округе летом 2016 г. Изученные изоляты высоко чувствительны к средствам общей экстренной профилактики (доксциклину, пefлоксацину и рифампицину), а также к основным средствам специальной экстренной профилактики и этиотропного лечения сибирской язвы (ампициллину, ципрофлоксацину, амикацину, гентамицину). Они обладают высокой вирулентностью в отношении белых мышей. Величина LD_{50} составляла от 5 до 7 спор, а средняя продолжительность жизни животных с момента инфицирования до гибели не превышала 3,6 суток. Результаты VNTR-типирования позволили констатировать, что генотип изолятов *B. anthracis*, вызвавших эпизоотию сибирской язвы среди оленей Ямала, не является экзотичным для России, подтверждением чему является наличие в Государственной коллекции микроорганизмов штамма с идентичным VNTR-генотипом. По всем исследованным VNTR-локусам ямальские изоляты *B. anthracis* совпадают со штаммом *B. anthracis* 1051, выделенным в 1935 г. Уфимской ветлабораторией из трупа лошади, что свидетельствует о существовании на территории нашей страны (Южного Урала) устойчивых почвенных очагов *B. anthracis* с данным генотипом.

Ключевые слова: сибирская язва; эпизоотия; Ямало-Ненецкий автономный округ; штамм; диагностика.

Библиографическое описание: Павлов Д.Л., Онучина Н.В., Кузнецовский А.В., Фоменков О.О., Туманов А.С. Результаты исследования биологических и генетических свойств сибиреязвенных изолятов эпизоотии 2016 года в Ямало-Ненецком автономном округе // Вестник войск РХБ защиты. 2017. Т. 1. № 1. С. 23–32.

В июле–августе 2016 г. мы стали свидетелями эпизоотии сибирской язвы северных оленей на территории Ямальского района Ямало-Ненецкого автономного округа (ЯНАО). За несколько недель был нанесен многомиллионный ущерб оленеводству, заболели люди, умер 12-летний подросток, пало около 2350 животных. Современная Россия не знала вспышки сибирской язвы среди животных таких мас-

штабов. Ликвидация последствий эпизоотии потребовала привлечения специалистов различных министерств и ведомств. По просьбе губернатора ЯНАО к борьбе с сибирской язвой были привлечены личный состав и техника войск РХБ защиты, в том числе и специалисты 48 ЦНИИ Минобороны России и его филиалов. Проведенные мероприятия по утилизации павших животных (сжигание) и дезинфекции

мест их захоронения позволили значительно снизить уровень контаминации возбудителем сибирской язвы окружающей среды.

В филиал 48 ЦНИИ Минобороны России (г. Киров) для выделения чистой культуры возбудителя и детального изучения его свойств были отобраны и доставлены 33 пробы, содержащих аутопсийный материал, смывы с объектов, а также образцы почвы и воды, подозрительные на зараженность (контаминацию) *Bacillus anthracis*.

Цель данной работы — освещение результатов исследования биологических и молекулярно-генетических свойств сибиреязвенных изолятов, полученных в ходе ликвидации сибиреязвенной эпизоотии 2016 г. в ЯНАО.

Материалы и методы

В работе использовали пробы органов и тканей северных оленей (*Rangifer tarandus*), павших во время эпизоотии сибирской язвы в ЯНАО летом 2016 г., а также образцы почвы, воды и смывы с объектов окружающей среды, подозрительные на зараженность (контаминацию) *B. anthracis*.

В ходе идентификации и изучения выделенных из проб микробных культур *B. anthracis* в качестве референс-микроорганизмов использовали штаммы из Государственной коллекции микроорганизмов филиала 48 ЦНИИ Минобороны России (г. Киров). Характеристика использованных штаммов приведена в таблице 1.

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 [1].

Для выявления ДНК возбудителя сибирской язвы в пробах использовали ме-

дицинское изделие — набор реагентов «ОМ-Скрин-Сибирская язва-РВ» производства ЗАО «Синтол» [2]. Реакционные смеси для амплификации в режиме реального времени ДНК возбудителя сибирской язвы компоновали в соответствии с инструкцией фирмы-изготовителя. Для получения достоверного результата каждую пробу исследовали в ПЦР в трех повторях. Амплификацию, детекцию и учет результатов ПЦР анализа в режиме реального времени осуществляли согласно с Инструкцией к набору реагентов и Руководством по эксплуатации АНК-32 [2, 3].

Окрашивание мазков по Цилю-Нильсену и Граму, капсулообразование, оценку патогенности и показатель вирулентности для лабораторных животных, чувствительность к видоспецифическому сибиреязвенному бактериофагу, тест «жемчужное ожерелье» с пенициллином, фосфатазную, протеолитическую, гемолитическую и лецитиназную активности проводили согласно МУК 4.2.2413-08 Лабораторная диагностика и обнаружение возбудителя сибирской язвы [4].

В качестве питательной среды для спорообразования использовали КГ-агар, производства «HiMedia» (Индия). Для приготовления споровых культур *B. anthracis* от 10 до 15 отдельных колоний каждого изолята ресуспендировали в 25 мл жидкой питательной среды и инкубировали при температуре $(36 \pm 1)^\circ\text{C}$ в течение 24 ч. Выросшими бульонными культурами в количестве от 6 до 8 мл засеивали матрасы со средой для спорообразования, которые инкубировали при $(33 \pm 1)^\circ\text{C}$ в течение 4 сут, после чего смывали дистиллированной водой. Процесс спорообразования контролировали ежедневно просмотром мазков, окрашенных по Цилю-Нильсену. При обнаружении в мазках от 85 до 90 % спор культуры смывали с поверхно-

Таблица 1 — Характеристика штаммов микроорганизмов, использованных в экспериментальных исследованиях

Вид	Наименование штамма	Плазмидный состав	Происхождение или источник получения штамма
<i>Bacillus anthracis</i>	СТИ-1	pXO1	Штамм выделен в 1940 г. Н.Н. Гинсбургом путем высева культуры штамма «Красная Нива» на чашки со свернутой нормальной лошадиной сывороткой
<i>Bacillus anthracis</i>	Ч-7	pXO1, pXO2	Штамм выделен в 1947 г. А.Л. Тамариным в Кировской областной больнице от больного человека
<i>Bacillus anthracis</i>	1051	pXO1, pXO2	Штамм выделен в 1935 г. Уфимской ветеринарной лабораторией из трупа лошади
<i>Bacillus anthracis</i>	8	—	Штамм дикого типа, получен из Коллекционного центра СтавНИПЧИ 11.04.2003 г.

сти агара дистиллированной водой. В полученные споровые суспензии добавляли глицерин до конечной концентрации 30 %. Приготовленные споровые культуры хранили при температуре $(4 \pm 2)^\circ\text{C}$ и в дальнейшем использовали для оценки LD_{50} .

При определении показателя LD_{50} использовали беспородных белых мышей массой 18–20 г. Животных заражали подкожно в расчетных дозах, составляющих 1, 5, 25 и 125 живых спор. За зараженными животными наблюдали в течение 10 сут. Для определения специфичности гибели погибших животных вскрывали и проводили высевы из селезенки (методом «отпечатка») на чашки Петри с бикарбонатной средой. Чашки инкубировали в атмосфере CO_2 при температуре $(36 \pm 1)^\circ\text{C}$ в течение 24 ч. Животное считали погибшим от сибирской язвы в случае обнаружения на поверхности агара роста, характерного для сибиреязвенного микроба.

Чувствительность к антибактериальным препаратам определяли методом диффузии в агар (с использованием бумажных дисков, насыщенных антибиотиками, изготовленных НИЦФ, г. Санкт-Петербург).

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 [5].

Генетическое типирование исследуемых культур проводили методом мультилокусного VNTR-анализа по локусам из числа описанных Keim et al. [6] и Le Fleche et al. [7].

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 маркерной ДНК после окрашивания геля бромистым этидием (рабочая концентрация раствора 0,5 мкг/мл).

Результаты и обсуждение

На первом этапе из поступивших на исследование проб готовили мазки для микроскопии с последующим их окрашиванием по Граму. На рисунке 1 в качестве примера представлены фотографии мазков-отпечатков из проб биологического материала.

В мазках-отпечатках из органов и тканей павших животных просматривались крупные

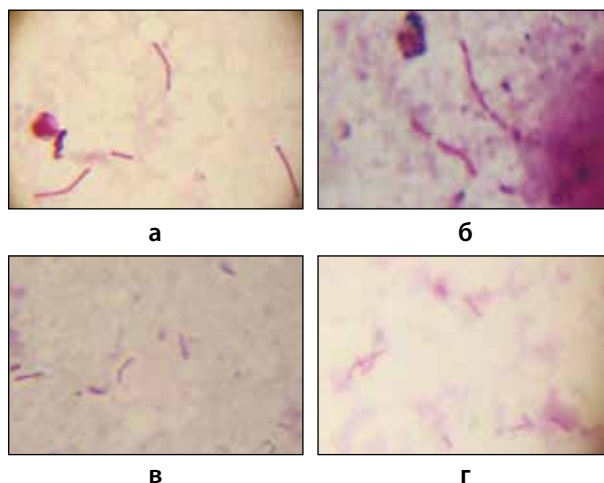


Рисунок 1 — Микроскопическая картина мазков-отпечатков, приготовленных из проб биологического материала от павших во время эпизоотии сибирской язвы в июле – августе 2016 г. в ЯНАО животных
(а – ухо; б, в – селезенка; г – печень (окраска по Граму, $\times 1350$))

грамположительные палочки, расположенные в виде цепочек, состоящих чаще всего из двух–четырех члеников.

Одновременно с проведением световой микроскопии мазков проводили исследование поступивших проб методом ПЦР-РВ. Положительный результат реакции подтверждал наличие в пробах специфических фрагментов ДНК *B. anthracis*. Исключение составили две пробы воды из мест водоемов животных (отрицательный результат ПЦР-РВ).

В дальнейших исследованиях нами использовались только положительные в ПЦР-РВ пробы.

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).

Для проведения бактериологического исследования на чашки Петри с плотной питательной средой, содержащей полимиксин В, из образцов тканей павших животных были сделаны мазки-отпечатки. Через 8–10 ч инкубирования на поверхности агара наблюдали рост микроорганизмов. Фотографии некоторых микроколоний на плотной питательной среде с типичным для возбудителя сибирской язвы характером роста представлены на рисунке 2.

При просмотре через микроскоп с увеличением в 100 раз отдельные колонии заметно отличались от других микроорганизмов. Их периферия выделялась неровными краями с отходящими от них волнистыми отростками, напоминающими так называемую «львиную

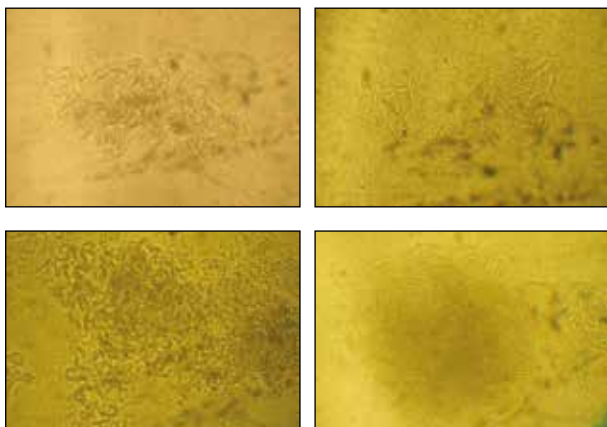


Рисунок 2 — Световая микроскопия отдельных колоний (микроколоний) с типичным для возбудителя сибирской язвы характером роста на плотной питательной среде ($\times 100$)

гриву» или «голову медузы», характерные для *B. anthracis*.

Типичные для возбудителя сибирской язвы колонии отбирали стерильной петлей и рассеивали в жидкой и на плотной питательных средах до истощения с целью получения чистой культуры. Во всех случаях через 18–20 ч инкубирования при температуре $(36 \pm 1)^\circ\text{C}$ наблюдали характерный для *B. anthracis* рост. Для изучения морфологии клеток отобранных микробных культур и подтверждения их принадлежности к виду *B. anthracis* делали мазки для микроскопии с последующей окраской по Граму и Циллю–Нильсену. Результаты микроскопии представлены на рисунке 3.

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 Циллю–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.

Для окончательного подтверждения видовой принадлежности проводили исследование выделенных микробных культур методом ПЦР-РВ. Протокол анализа препаратов ДНК пяти микробных культур с использованием медицинского изделия ЗАО «Синтол» – набор реагентов «ОМ-Скрин-Сибирская язва-РВ», представлен на рисунке 4.

Результаты ПЦР-РВ во всех пяти случаях подтвердили видовую принадлежность выделенных микробных культур и наличие у них



Рисунок 3 — Микроскопия мазков по Граму, приготовленных из агаровой (а) и бульонной (б) микробных культур через 18–20 ч роста ($\times 1350$)

нуклеотидных последовательностей детерминант факторов патогенности возбудителя сибирской язвы, локализованных на плаزمиде рХО1 и рХО2, что характерно для вирулентных штаммов *B. anthracis*.

Дальнейшие исследования продолжили с изучения биологических свойств выделенных культур *B. anthracis*. Оценку патогенности проводили на золотистых хомячках в сравнении с культурой тест-штамма Ч-7 *B. anthracis*. Животных заражали бактериальной суспензией каждого штамма во внутреннюю поверхность бедра подкожно в объеме 0,5 мл. В процессе наблюдения за зараженными животными было установлено, что все взятые в опыт золотистые хомячки погибли через 42 ч 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 тест-штамма Ч-7. В качестве примера на рисунке 5 представлены фотографии роста отдельных колоний S-формы микробных культур *B. anthracis* после пассажа через организм золотистого хомячка.

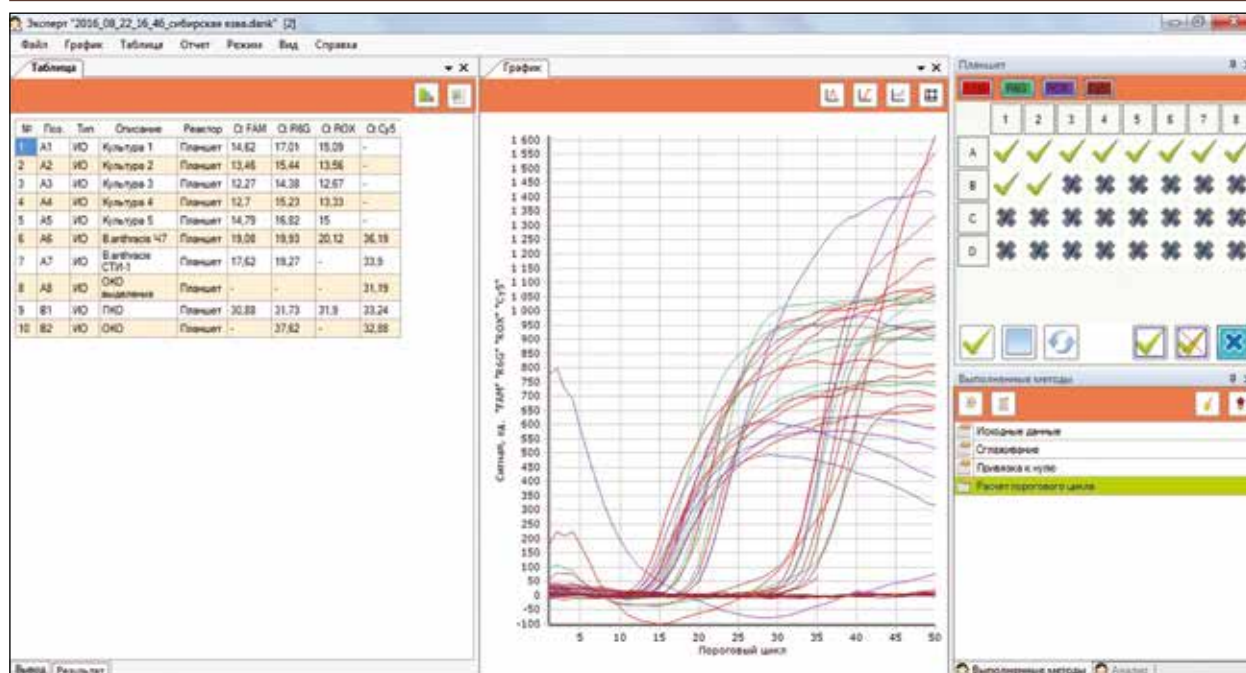


Рисунок 4 — Результаты исследования выделенных микробных культур методом ПЦР-РВ

В мазках, приготовленных из выросших на бикарбонатной среде капсульных колоний с последующей окраской по методу Бурри, просматривались отдельные клетки или короткие цепочки, окруженные бесцветной капсулой. Фотографии препаратов капсульных клеток, окрашенных по методу Бурри, представлены на рисунке 6.

На плотной питательной среде без бикарбоната натрия через 18–20 ч инкубирования наблюдался характерный для сибиреязвенного микроба рост плоских матовых колоний R-формы. В качестве примера на рисунке 7 представлены фотографии роста на плотной питательной среде отдельных колоний выделенных микробных культур.

Для получения спорных культур *B. anthracis* из выросших на плотной питательной среде сибиреязвенных колоний готовили бульонные культуры, которыми засеивали матрасы со средой

для спорообразования. Процесс спорообразования отслеживали ежедневно путем микроскопии мазков, окрашенных по Граму и Цилю–Нильсену. На рисунке 8 представлена микроскопическая картина процесса спорообразования одного из выделенных изолятов на плотной питательной среде на 24–96 ч роста.

Для определения лизабельности выделенных сибиреязвенных культур использовали культуру видоспецифического фага Ф-94, лабораторного приготовления. Исследование показало, что все выделенные сибиреязвенные культуры, как и культура штамма Ч-7, лизировались специфическим сибиреязвенным бактериофагом Ф-94. На рисунке 9 в качестве примера представлены результаты исследования лизабельности двух выделенных микробных культур в сравнении со штаммом Ч-7 *B. anthracis*.

Изучение биохимических свойств (фосфатазная, протеолитическая, гемолитическая и

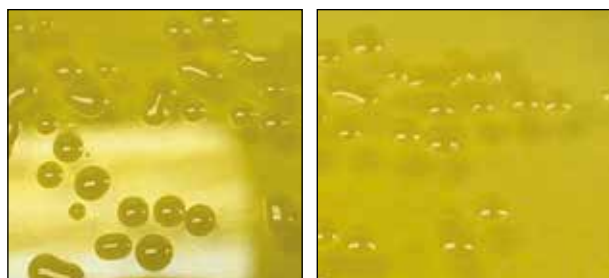


Рисунок 5 — Типичный для выделенных микробных культур *B. anthracis* рост на плотной питательной среде, содержащей бикарбонат натрия

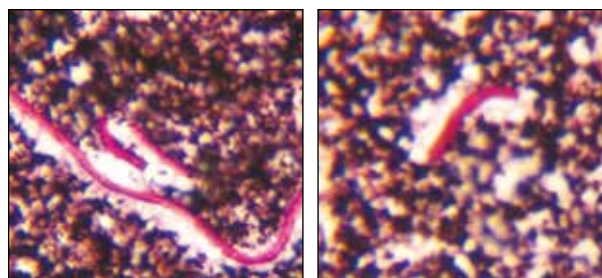


Рисунок 6 — Фотографии капсульных клеток изолятов *B. anthracis*, окрашенных по методу Бурри

лецитиназной активности) исследуемых культур проводили в сравнении с тест-штаммами Ч-7 *B. anthracis* и № 8 *B. cereus*. Полученные результаты свидетельствовали, что по данному спектру биохимических реакций выделенные микробные культуры *B. anthracis* обладают типичными для сибиреязвенного микроба свойствами.

Для оценки чувствительности к пеницилину использовали тест «жемчужное ожерелье». Результаты исследования представлены на рисунке 10.

Исследования показали, что данный тест был положительным для всех выделенных культур. На агаре Хоттингера, содержащем 0,5 и 0,05 мкг/мл бензилпенициллина, просматривались измененные микробные клетки шаровидной формы, расположенные в виде коротких или длинных цепочек. Микробные клетки контрольной культуры *B. cereus* росли в виде цепочек и палочек обычной формы.

Чувствительность выделенных изолятов к другим антибактериальным препаратам определяли методом диффузии в агар (метод дисков). Полученные результаты исследования по некоторым из них представлены в таблице 2.

Из представленных в таблице 2 данных следует, что изученные изоляты высоко чувствительны к средствам общей экстренной профилактики (доксикаину, пефлоксацину и рифампицину), а также основным средствам специальной экстренной профилактики и этиотропного лечения сибирской язвы (ампициллину, ципрофлоксацину, амикацину, гентамицину).

Исследование вирулентности выделенных изолятов проводили в сравнении со штаммом Ч-7 *B. anthracis*. Результаты эксперимента показали, что культуры всех изученных изолятов, как и культура штамма Ч-7, обладают высокой вирулентностью в

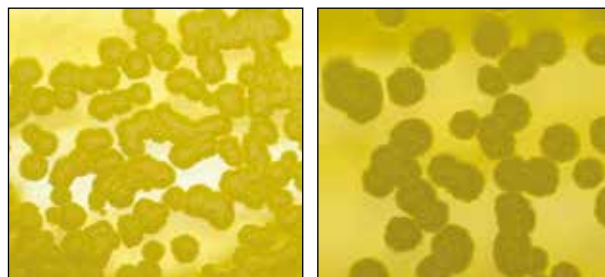


Рисунок 7 — Рост на плотной питательной среде отдельных колоний выделенных микробных культур

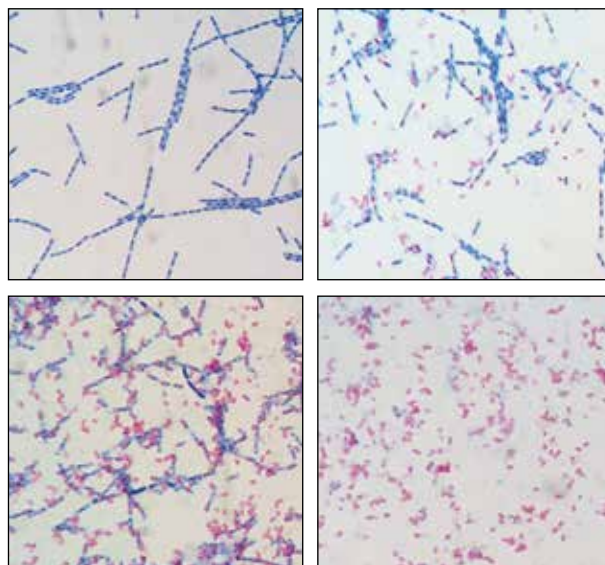


Рисунок 8 — Световая микроскопия окрашенных по Цилю-Нильсену мазков-препаратов одного из изолятов *B. anthracis* на 24–96 ч роста на плотной питательной среде «HiMedia» (Индия)



Рисунок 9 — Результаты исследования лизабельности выделенных сибиреязвенных культур специфичным бактериофагом Ф-94
(а, б — микробные культуры выделенных изолятов *B. anthracis*; в — микробная культура референс-штамма Ч-7 (контроль))

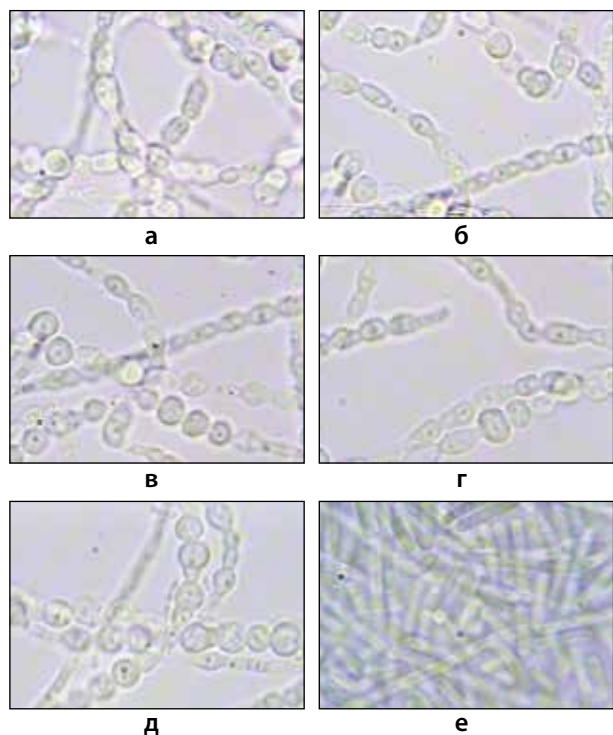


Рисунок 10 — Результаты исследования чувствительности выделенных микробных культур *B. anthracis* в тесте «жемчужное ожерелье» (а-г – исследуемые микробные культуры; д – штамм Ч-7 *B. anthracis*; е – штамм № 8 *B. cereus* (×1350))

отношении белых мышей. Величина LD_{50} составляла от 5 до 7 спор, а средняя продолжительность жизни животных с момента инфицирования до гибели не превышала 3,6 суток.

На заключительном этапе исследований нами было проведено генетическое типирование выделенных микробных культур *B. anthracis* методом мультилокусного VNTR-анализа.

Примеры электрофореграмм продуктов амплификации отдельных VNTR-локусов выделенных изолятов в сравнении со штаммами СТИ-1, Ч-7 и 1051 сибиреязвенного микроба представлены на рисунках 11, 12.

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 было выявлено, что генотипы изолятов по всем исследованным VNTR-локусам совпадают со штаммом *B. anthracis* под номером 1051, выделенным в 1935 г. Уфимской ветлабораторией из трупа лошади. Генетические профили изолятов по некоторым из изученных VNTR-локусам в сравнении со штаммами 1051, СТИ-1 и Ч-7 *B. anthracis* представлены в таблице 3.

Результаты VNTR-типирования позволяют констатировать, что выявленный генотип не является экзотичным для России, подтверждением чему является наличие в Государствен-

Таблица 2 — Чувствительность исследуемых культур *B. anthracis* к антибактериальным препаратам методом дисков

Наименование антибактериального препарата (содержание препарата в диске, мкг)	Чувствительность к антибактериальному препарату микробной культуры изолята (штамма) ...					
	1	2	3	4	5	Ч-7
Амикацин (30)	Ч	Ч	Ч	Ч	Ч	Ч
Амоксицилин/клавуланат (10/10)	Ч	Ч	Ч	Ч	Ч	Ч
Ампицилин (10)	Ч	Ч	Ч	Ч	Ч	Ч
Гентамицин (10)	Ч	Ч	Ч	Ч	Ч	Ч
Офлоксацин (5)	Ч	Ч	Ч	Ч	Ч	Ч
Пефлоксацин (10)	Ч	Ч	Ч	Ч	Ч	Ч
Рифампицин (5)	Ч	Ч	Ч	Ч	Ч	Ч
Доксициклин (10)	Ч	Ч	Ч	Ч	Ч	Ч
Цефаклор (30)	Ч	Ч	Ч	Ч	Ч	Ч
Цефепим (30)	У	У	У	У	У	У
Цефиксим (5)	У	У	У	У	У	У
Цефтриаксон (30)	Ч	Ч	Ч	Ч	Ч	Ч
Ципрофлоксацин (5)	Ч	Ч	Ч	Ч	Ч	Ч
Примечания. 1. «Ч» – чувствителен (диаметр зоны задержки роста 15–25 мм и более); 2. «У» – устойчив (диаметр зоны задержки роста менее 10 мм).						

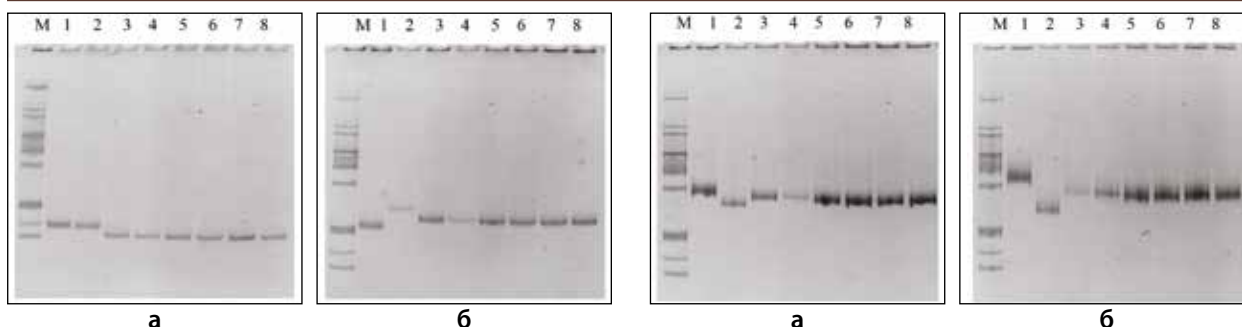


Рисунок 11 — Электрофореграмма фракционирования в 8 % ПААГ продуктов амплификации VNTR-локусов сибирезвенного микроба Сев-Bams-3 (а) и Сев-Bams-13 (б)
(М – молекулярный маркер ДНК GeneRuler™ 100 br DNA LadderPlus; 1–8 – продукты амплификации локусов Сев-Bams-3 (а) и Сев-Bams-13 (б): 1 – СТИ-1, 2 – Ч-7; 3 – 1051; 4–8 – выделенные из проб микробные культуры *B. anthracis*)

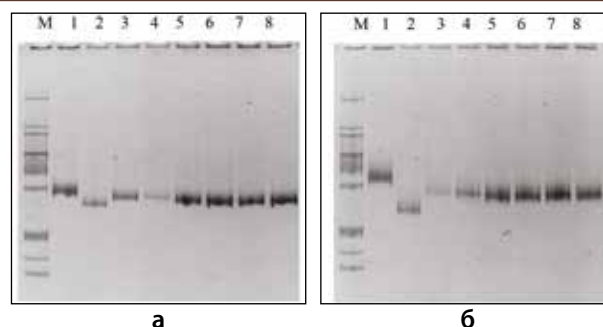


Рисунок 12 — Электрофореграмма фракционирования в 8 % ПААГ продуктов амплификации VNTR-локусов сибирезвенного микроба Сев-Bams-22 (а) и Сев-Bams-23 (б)
(М – молекулярный маркер ДНК GeneRuler™ 100 br DNA LadderPlus; 1–8 – продукты амплификации локусов Сев Bams 22 (а) и Сев-Bams-23 (б): 1 – СТИ-1, 2 – Ч-7; 3 – 1051; 4–8 – выделенные из проб микробные культуры *B. anthracis*)

ной коллекции микроорганизмов штамма с идентичным VNTR-генотипом.

Выводы

1. Выделенные из проб органов и тканей северных оленей, павших во время эпизоотии сибирской язвы в ЯНАО в июле–августе 2016 года, микробные культуры имеют типичные для высоковирулентных штаммов *B. anthracis* биологические свойства и высоко чувствительны к

основным классам антибактериальных препаратов, в том числе применяемым для профилактики и лечения сибирской язвы.

2. Идентичность VNTR-генотипов микробных культур *B. anthracis*, выделенных из разных проб, подтверждает единственный источник заболевания.

3. Наличие в Государственной коллекции микроорганизмов филиала 48 ЦНИИ Мино-

Таблица 3 — Генетические профили исследуемых изолятов (штаммов) *B. anthracis* по некоторым VNTR-локусам хромосомной локализации из числа описанных Keim et al. [6] и Le Fleche et al. [7]

Наименование VNTR-локуса	Размер продукта амплификации у изолята (штамма) <i>B. anthracis</i>							
	№ 1	№ 2	№ 3	№ 4	№ 5	1051	СТИ-1	Ч-7
Ceb-Bams-1	450	450	450	450	450	450	430	430
Ceb-Bams-3	574	574	574	574	574	574	544	619
Ceb-Bams-13	427	427	427	427	427	427	454	454
Ceb-Bams-22	699	699	699	699	699	699	735	663
Ceb-Bams-23	611	611	611	611	611	611	695	569
Ceb-Bams-30	375	375	375	375	375	375	900	930
VrrA	301	301	301	301	301	301	313	313
VrrB ₁	229	229	229	229	229	229	229	229
VrrB ₂	162	162	162	162	162	162	162	162
VrrC ₁	583	583	583	583	583	583	613	613
VrrC ₂	532	532	532	532	532	532	604	532
CG ₃	158	158	158	158	158	158	153	153

Примечание.
Жирным шрифтом отмечены продукты амплификации VNTR-локусов референс-штаммов СТИ-1 и Ч-7, отличающие их от тактовых у выделенных изолятов и штамма 1051 *B. anthracis*.

бороны России (г. Киров) штамма с аналогичным генотипом, выделенного в 1935 г. Уфимской ветлабораторией от трупа лошади,

свидетельствует о существовании на территории нашей страны (Южного Урала) почвенных очагов *B. anthracis* с данным генотипом.

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. 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.
2. Инструкция по применению «Набора 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.
3. 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.
4. Лабораторная диагностика и обнаружение

возбудителя сибирской язвы: МУК 4.2.2413-08. М., 2009. 126 с.

5. Инструкция по применению «Набора реагентов для выделения геномной ДНК из биологического материала на колонках «К-Сорб-100». М.: ЗАО «Синтол», 2016. 2 с.
6. 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 (10). P. 2928–2936.
7. Le Flèche P., Hauck Y., Onteniente L., et al. A tandem repeats database for bacterial genomes: application to the genotyping of *Yersinia pestis* and *Bacillus anthracis* // BMC Microbiol. 2001. V. 1 (2). P. 2180–2193.

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

Павлов Даниил Леонидович. Старший техник научно-исследовательского отдела.

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

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.

Адрес для переписки: Павлов Даниил Леонидович; DanilPavlov43@mail.ru

The Results of the Research of Biological and Genetic Properties of the Anthrax Strains Isolates during the Epizootic 2016 in Yamal-Nenets Autonomous District

D.L. Pavlov, N.V. Onuchina, A.V. Kuznetsovskiy, O.O. Fomenkov, A.S. Tumanov

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 results of the studies of *Bacillus anthracis* isolates, selected during the liquidation of anthrax epizootic in the Yamal-Nenets Autonomous District in summer 2016. The above mentioned isolates turned out to be highly sensitive to the means of general emergency prophylaxis (doxycycline, pefloxacin and rifampicin), as well as to the main means of special emergency prophylaxis and etiotropic therapy of anthrax (ampicillin, ciprofloxacin, amikacin, gentamicin). The studies revealed also the high virulence of *B. anthracis* strain in white mice. The lethal dose (LD₅₀) turned out to be from 5 to 7 spores, and the average lifetime of animals since the moment of contamination till death did not exceed 3,6 days. The results of VNTR typing allowed to state, that the genotype of *B. anthracis* isolates, that caused the anthrax epizootic outbreak in the Yamal, was not exotic for Russia. The Russian National Collection of Microorganisms already possesses the stem with identical VNTR-genotype. The Yamal isolates of *B. anthracis* coincide with the *B. anthracis* strain 1051, obtained in 1935 by the veterinary laboratory in Ufa from the corpse of the horse. It shows the presence of steady hotbeds of *B. anthracis* of the above mentioned genotype in our country's soil in the Southern Urals.

Keywords: *Bacillus anthracis*; epizootic; Yamal-Nenets Autonomous District; strain (isolate); diagnostics.

For citation: 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.

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. Reagent kit «M-Sorb» for DNA and RNA extraction from the clinical and the environmental samples (on magnetic particles). Instruction manual. Moscow: ZAO «Syntol», 2016. 2 p. (in Russian).
2. 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-PB). Instruction manual. Moscow: ZAO «Syntol», 2016. 26 p. (in Russian).
3. The device for sequence-specific nucleic acid detection – «ANK». Technical instruction 9443-003-04699534-2005. The institute for analytical instrumentation of the Russian Academy of Sciences (IAI RAS). Moscow; 2009. 59 p. (in Russian).
4. Laboratory diagnostics and the detection of the causative agent of anthrax; methodical instructions 4.2.2413-08. Moscow: 2009. 126 p. (in Russian).
5. Reagent kit for genomic DNA extraction from the biological material. Instruction manual. Moscow: ZAO «Syntol», 2016. 2 p. (in Russian).
6. Multiple-locus variable-number tandem repeat analysis reveals genetic relationships within *B. anthracis* // J. Bacteriol 2000. Vol. 182. P. 2928–2936.
7. 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.

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.

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

Onuchina N.V. Junior Researcher of the Scientific and Research Department. Candidate of Biological Sciences.

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.

Address: Pavlov Danil Leonidovich; DanilPavlov43@mail.ru

Создание аппаратурно-технологической линии для культивирования модифицированных линий клеток млекопитающих, экспрессирующих рекомбинантные белки

И.А. Чуркин¹, С.В. Борисевич¹, Д.А. Кутаев¹, В.Т. Лымарь¹, Ю.И. Пашенко¹,
Е.В. Гордеев¹, В.С. Кулиш¹, Т.М. Плеханова¹, Р.А. Хамитов², Е.Н. Сауткина²

¹Федеральное государственное бюджетное учреждение
«48 Центральный научно-исследовательский институт»
Министерства обороны Российской Федерации,
141306, Российская Федерация, г. Сергиев Посад, ул. Октябрьская, д. 11

²Федеральное государственное бюджетное учреждение
«Государственный научно-исследовательский институт генетики и селекции
промышленных микроорганизмов», 117545, Российская Федерация, г. Москва,
1-й Дорожный проезд, д. 1

Поступила 19.12.2016 г. Принята к публикации 02.03.2017 г.

Представлены данные по созданию аппаратурно-технологической линии для культивирования модифицированных линий клеток млекопитающих, экспрессирующих рекомбинантные белки. В ее состав входят три участка: участок для создания измененных линий клеток млекопитающих с применением современных молекулярно-биологических инструментов; участок для осуществления масштабируемого культивирования генетически модифицированных линий клеток млекопитающих; участок для выделения и очистки рекомбинантных полипептидов с использованием валидированных методов. В рамках экспериментального исследования осуществлено выращивание клеток линии СНО-S, продуцирующей рекомбинантный белок GP вируса Эбола, суспензионным способом в ферментерах волнового и перемешивающего типов. Установлено преимущество в накоплении биомассы клеток и целевого белка в ферментерах волнового типа. Из культуральной жидкости выделен и очищен рекомбинантный полипептид GP со степенью чистоты более 95 %. При изучении антигенной полноценности рекомбинантного белка GP методами ИФА и вестерн-блота установлено соответствие его структуры нативному гликопротеину возбудителя лихорадки Эбола.

Ключевые слова: аппаратурно-технологическая линия; культивирование; клетки млекопитающих; экспрессия; рекомбинантный белок.

Библиографическое описание: Чуркин И.А., Борисевич С.В., Кутаев Д.А., Лымарь В.Т., Пашенко Ю.И., Гордеев Е.В., Кулиш В.С., Плеханова Т.М., Хамитов Р.А., Сауткина Е.Н. Создание аппаратурно-технологической линии для культивирования модифицированных линий клеток млекопитающих, экспрессирующих рекомбинантные белки // Вестник войск РХБ защиты. 2017. Т. 1. № 1. С. 33–41.

Совершенствование и разработка средств и способов биологической защиты требуют постоянного внедрения достижений современных молекулярно-биологических,

генно-инженерных и биотехнологических методов.

К такому направлению относится работа, целью которой являлось создание аппаратур-



Рисунок 1 — Общая схема АТЛ КМКМ

но-технологической линии для культивирования модифицированных линий клеток млекопитающих, экспрессирующих рекомбинантные белки. Она проводилась в рамках четвертого приоритетного направления федеральной целевой программы «Национальная система химической и биологической безопасности Российской Федерации (2009–2013 гг.)», утвержденной постановлением Правительства Российской Федерации от 27 октября 2008 г. № 791. Планом было предусмотрено проведение научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ в интересах войск РХБ защиты ВС РФ по созданию новых технологий производства специальных средств диагностики, профилактики и лечения заболеваний, вызываемых воздействием опасных биологических агентов.

В последние годы рекомбинантные белки возбудителей вирусной и бактериальной природы нашли широкое применение в составе наборов реагентов различных модификаций. Основное предназначение рекомбинантных пептидов в таких наборах — выполнение роли калибратора в количественных методах исследований или положительного контроля при скрининге на наличие специфических антигенных детерминант возбудителей в биологических пробах. Кроме того, они используются в качестве антигена для сенсибилизации повер-

ностей лунок иммунологических планшетов в различных серологических тестах для определения специфических антител у людей и животных.

Технология получения рекомбинантных белков позволяет получить в достаточно чистом виде аналог практически любого отдельно взятого антигена. Для создания набора реагентов на основе рекомбинантного антигена необходимо из всего многообразия белков возбудителя выбрать тот, который был бы иммуногенен (т.е. в организме, например, человека должны вырабатываться антитела к этим антигенам) и высокоспецифичным (т.е. характерным лишь для данного возбудителя и, по возможности, не дающим перекрестные реакции с антителами к другим антигенам) [1–5].

По результатам состоявшегося открытого конкурса, объявленного Министерством обороны Российской Федерации, на основании протокола оценки и сопоставления заявок на участие в открытом конкурсе с организацией Федеральное государственное унитарное предприятие «Государственный научно-исследовательский институт генетики и селекции промышленных микроорганизмов» (ФГУП «ГосНИИгенетика») — организация исполнитель — был оформлен Государственный контракт на опытно-конструкторскую работу

(ОКР) с назначением по созданию аппаратурно-технологической линии для культивирования модифицированных линий клеток млекопитающих, экспрессирующих рекомбинантные белки (АТЛ КМКМ).

Научное сопровождение ОКР было осуществлено ФГБУ «48 ЦНИИ» Минобороны России.

Общая схема АТЛ представлена на рисунке 1.

Предполагалось в качестве рекомбинантного белка получить ген-эквивалент нативного белка возбудителя вирусной инфекции 1 группы патогенности. В последующем было уточнено, что в рамках ОКР целевым рекомбинантным белком должен стать гликопротеин GP вируса Эбола.

Совместно с организацией-исполнителем была создана и прошла апробацию АТЛ КМКМ как блочно-модульная биологическая лаборатория, состоящая из 3 участков.

Участок № 1

Позволяет получать и описывать ген-эквиваленты иммунологически значимых пептидов. Сконструированный вектор для проведения трансфекции клеточных линий млекопитающих обеспечивает получение стабильных линий клеток-продуцентов и высокий уровень экспрессии целевого белка, его правильную



Рисунок 2 — CO₂-инкубатор с объемом 170 л и роллерная установка

сборку и соответствие нативной форме белка возбудителя вирусной, риккетсиозной и иной инфекции.

В исследовании использована линия клеток СНО — клетки яичника взрослого китайского хомячка.

На участке размещено следующее основное оборудование:

- станция выделения нуклеиновых кислот и белков на 12 образцов;
- электрофоретическая система;
- CO₂-инкубатор с объемом 170 л мультигазовый с электронным управлением, воздушной рубашкой, УФ-стерилизацией воздуха, ИК-сенсором CO₂;
- ДНК-амплификатор в реальном времени Dtpriime, 5 каналов, формат 384 для количественной оценки уровня экспрессии;
- ламинарный шкаф.

Имеются наборы реагентов для проведения клонирования, выделения и очистки ДНК, проведения трансфекции в эукариотической системе и контроля качества проведенной трансфекции.

Участок № 2

Предназначен для осуществления масштабируемого культивирования модифицированных линий клеток млекопитающих монослойным и суспензионным методами с использованием различных систем накопления.

На участке размещено следующее основное оборудование:

- для приготовления воды I, II и III типов;
- подготовки посуды, приготовления и стерилизации питательных сред и растворов;
- ламинарные шкафы для индивидуальной и парной работы;
- инвертированный микроскоп.

Для проведения монослойного культивирования предусмотрено наличие CO₂-инкубатора с объемом 170 л и роллерной установки на 55 роллерных сосудов (рисунок 2).

Суспензионное культивирование может осуществляться в колбах с использованием шейкера-CO₂-инкубатора MultitronCell (рисунок 3).

Оборудование для проведения масштабируемого культивирования модифицированных линий клеток млекопитающих представлено двумя типами биореакторов:

- перемешивающего типа — CelliGen310, состоящего из основной и вспомогательной станции управления технологическим процессом. Основная станция оснащена сенсорным дисплеем и персональным компьютером с установленным программным обеспечением. Ферментеры обеспечены стеклянными культуральными сосудами с водяной рубашкой и с рабочим объемом заполнения в трех диапазонах:



Рисунок 3 — Шейкер- CO_2 -инкубатор Multitron Cell



Рисунок 4 — Система суспензионного культивирования на основе ферментеров перемешивающего типа – CelliGen310 (основная станция культивирования и культуральный сосуд с объемом заполнения 1,2 л)

от 0,8 до 1,7 л; от 2,0 до 5,5 л и от 3,0 до 10,0 л (рисунок 4);

- волнового типа — система культивирования клеток Wave 20/50 в составе: рабочая станция, блок перистальтических насосов, платформа для одноразовых мешков с вместимостью от 1 до 10 л, GeneralElectric (рисунок 5).

Участок № 3

Предназначен для выделения и очистки рекомбинантных полипептидов и обеспечивает высокоэффективное выделение полипептидов с использованием различных видов жидкостной хроматографии низкого давления, а также получение конечного продукта со степенью чистоты не менее 95 %. Производительность системы позволяет максимально быстро выделить целевой продукт из культуральной жидкости и постоянное нахождение в захлаженном состоянии.

На участке размещено следующее основное оборудование:

- системы для проведения концентрирования — система тангенциальной фильтрации Sartoflow Slice 200 и установка для проведения ультрафильтрации и концентрирования целевого продукта АСФ-009, ЗАО «Владисарт»;
- хроматографическая система со скоростью потока не менее 150 мл/мин для получения высокоочищенных рекомбинантных полипептидов высокой степени чистоты в комплекте с колонками, сорбентами и другими расходными материалами;

- холодильник хроматографический для проведения процессов очистки при пониженных температурах.

После апробации АТЛ, составления соответствующих Программы и методик, были проведены государственные испытания АТЛ КМКМ.

В рамках экспериментального исследования осуществлено последовательное масштабируемое культивирование клеток линии CHO-S, продуцирующей рекомбинантный белок GP вируса Эбола, суспензионным способом в ферментерах волнового и перемешивающего типов.

Белок VGP (virus glycoprotein) в составе конструкции pCI-neo-VGP представляет собой участок поверхностного гликопротеина вируса Эбола (штамм Заир). Нуклеотидная последовательность VGP в составе конструкции кодирует участок 1–650 аминокислотных остатков и не содержит трансмембранный домен (т.е. полная последовательность поверхностного белка минус трансмембранный домен 651–676 аминокислотный остаток). Также к участку 1–650 аминокислотных остатков добавлено 6 остатков гистидина для облегчения последующей очистки белка при помощи аффинной хроматографии. Трансмембранный домен 651–676 аминокислотный остаток удален для осуществления внеклеточной экспрессии рекомбинантного белка в культуральную жидкость.

Для культивирования клеток в биореакторах в бессывороточную питательную среду Power CHO-2CD («Lonza») в качестве добавок вносили на 1 л среды 10 мл добавки НТ



Рисунок 5 — Система культивирования клеток Wave 20/50
(платформа качалки с расположенным на ней одноразовым мешком объемом заполнения 5 л)

supplement (гипоксантин и тимидин) и 20 мл аланил-глутамина.

Размножение клеток с целью обеспечения требуемой посевной дозы клеток проводили в суспензионных условиях в колбах возрастающей вместимости: 125 мл, 250 мл и 1 л с объемом заполнения 30, 80 и 200 мл соответственно. Выращивание в колбах с навинчивающимися крышками осуществляли в CO_2 -инкубаторе с $(5 \pm 1) \%$ содержанием CO_2 в атмосфере, при влажности в пределах $(70 \pm 5) \%$ и температуре 37°C . Колбы размещали на орбитальном шейкере, обеспечивая (100 ± 5) об/мин. Посевная доза клеток для ферментеров в каждом опыте составляла $0,3 \times 10^6$ кл/мл. Выращивание клеток в ферментерах продолжали в течение 7 сут. Рабочий объем заполнения составлял 1 л. С четвертого дня культивирования в жидкую фазу ферментера добавляли глюкозу до концентрации 7 г/л и подпитку с липидом A (Power Feed with lipid A, «Lonza») в количестве 50 мл/л.

По окончании цикла культуральную жидкость из ферментеров использовали для определения рекомбинантного белка.

Результаты культивирования клеток линии СНО-S представлены в таблицах 1 и 2.

Данные таблиц 1 и 2 свидетельствуют о росте клеток СНО-S — продуцента рекомбинантного белка GP вируса Эбола — в обоих биореакторах и показывают, что выход био-

массы клеток в волновом ферментере в 3 раза превышает таковой в ферментере перемешивающего типа.

Качественную оценку наличия экспрессии белка гликопротеина вируса Эбола продуцентом в культуральной жидкости проводили методом вестерн-блота, путем детекции окрашенных полос.

Результаты определения содержания рекомбинантного белка GP в культуральной жидкости методом иммуноферментного анализа (ИФА) показали, что по окончании культивирования его концентрация составляла для ферментера перемешивающего типа от 1,1 до 1,3 мг/л, а для волнового биореактора — от 1,7 до 2,0 мг/л.

После многостадийной хроматографической очистки на сорбентах с сочетанием методов ионообменной и гель-фильтрационной препаративной хроматографии чистота конечного продукта превышала уровень 95 %.

При изучении антигенной полноценности рекомбинантного белка GP методами ИФА и вестерн-блота установлено соответствие его структуры нативному гликопротеину возбудителя лихорадки Эбола.

Выводы

1. Создана аппаратно-технологическая линия по культивированию модифицирован-

ных линий клеток млекопитающих, экспрессирующих рекомбинантные белки, прошедшая Государственные испытания и принятая на снабжение в ВС РФ на основании приказа МО РФ № 385 от 25 декабря 2015 г.

2. Проведено культивирование модифицированных клеток линии CHO-S в ферментерах перемешивающего и волнового типов. Установлено преимущество в накоплении биомассы клеток и целевого белка в ферментерах волнового типа. Из культуральной жидкости выделен и очищен рекомбинантный полипептид GP со степенью чистоты более 95 %.

3. Результаты определения содержания рекомбинантного белка GP в культуральной жидкости методом ИФА показали, что по окончании культивирования его концентрация составляла для ферментера перемешивающего типа от 1,1 до 1,3 мг/л, а для волнового биореактора – от 1,7 до 2,0 мг/л.

4. Соответствие антигенной структуры рекомбинантного белка GP вируса Эбола нативному гликопротеину возбудителя подтверждено методами ИФА и вестерн-блота.

Таблица 1 — Результаты выращивания культуры клеток CHO-S – продуцента белка GP вируса Эбола – в биореакторе перемешивающего типа (n=3)

Сутки культивирования	Концентрация клеток, 10 ⁶ кл/мл, $\chi \pm \sigma$	Доля жизнеспособных клеток, процент, $\chi \pm \sigma$	Концентрация глюкозы, С _{гл} , г/л, $\chi \pm \sigma$	pH культуральной жидкости, $\chi \pm \sigma$	Количество вносимой подпитки, мл
0	0,30±0,02	99±1	НД	7,00±0,02	-
1	0,38±0,03	99±1	5,80±0,16	7,03±0,03	-
2	0,64±0,05	98±2	4,71±0,13	7,02±0,02	-
3	1,45±0,12	98±2	4,72±0,14	7,05±0,01	-
4	2,21±0,19	98±1	4,04±0,12	7,05±0,03	50+глюкоза
5	2,32±0,29	96±2	5,81±0,17	7,01±0,02	50+глюкоза
6	2,21±0,30	93±1	6,02±0,17	6,95±0,01	50+глюкоза
7	2,20±0,31	87±2	4,80 ±0,13	7,00±0,01	-

Таблица 2 — Результаты выращивания культуры клеток CHO-S – продуцента белка GP вируса Эбола – в биореакторе волнового типа (n=3)

Сутки культивирования	Концентрация клеток, 10 ⁶ кл/мл, $\chi \pm \sigma$	Доля жизнеспособных клеток, процент, $\chi \pm \sigma$	Концентрация глюкозы, С _{гл} , г/л, $\chi \pm \sigma$	pH культуральной жидкости, $\chi \pm \sigma$	Количество вносимой подпитки, мл
0	0,30±0,02	99±1	НД	7,00±0,01	-
1	0,55±0,03	99±1	5,81±0,16	6,99±0,02	-
2	1,31±0,11	99±1	5,50±0,15	6,99±0,01	-
3	1,96±0,19	98±1	4,71±0,14	7,01±0,02	50
4	3,82±0,36	99±2	4,32±0,12	6,94±0,01	50+глюкоза
5	5,94±0,48	97±3	4,72±0,14	6,95±0,01	50+глюкоза
6	7,12±0,68	89±2	4,34±0,13	6,95±0,01	50+глюкоза
7	5,23±0,42	79±3	4,21±0,13	7,01±0,02	-

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. Егоров Н.С., Самуилов В.Д. Современные методы создания промышленных штаммов микроорганизмов. Биотехнология. Кн. 2. М.: Высшая школа, 1988.
2. Прищеп Т.П., Чучалин В.С., Зайков К.Л., Михалева Л.К., Белова Л.С. Основы фармацевтической биотехнологии. Ростов-на-Дону: Феникс, Томск: Издательство НТЛ; 2006.
3. Глик Б., Пастернак Дж. Молекулярная биотехнология. Принципы и применение. М.: Мир; 2002.
4. Глебов О.К. Генетическая трансформация соматических клеток // Методы культивирования клеток / Под ред. Пинаева ГП. Л.: Наука; 1988. С. 205–221.
5. Jayapal K.P., Wlaschin K.F., Hu W.S. Recombinant protein therapeutics from CHO cells — 20 years and counting // SBE Special Section. 2007. P. 40–47.

Об авторах

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

Чуркин Игорь Алексеевич. Начальник отдела, канд. биол. наук.

Борисевич Сергей Владимирович. Начальник института, д-р биол. наук, проф, член-корр. РАН.

Кутаев Дмитрий Анатольевич. Заместитель начальника института по научно-исследовательской работе, канд. биол. наук.

Лымарь Владимир Тимофеевич. Старший научный сотрудник отдела, д-р мед. наук.

Пащенко Юрий Иванович. Ведущий научный сотрудник отдела, д-р биол. наук, проф.

Гордеев Евгений Владимирович. Заместитель начальника отдела.

Кулиш Вячеслав Сергеевич. Заместитель начальника отдела, канд. биол. наук.

Плеханова Тамара Михайловна. Старший научный сотрудник отдела, канд. биол. наук.

Федеральное государственное бюджетное предприятие «Государственный научно-исследовательский институт генетики и селекции промышленных микроорганизмов». 117545, Российская Федерация, г. Москва, 1-й Дорожный проезд, д. 1.

Хамитов Равиль Авгатович. Заместитель директора по стратегическому развитию, д-р мед. наук, проф.

Сауткина Елена Николаевна. Заведующая отделом медицинской биотехнологии, канд. хим. наук.

Адрес для переписки: Чуркин Игорь Алексеевич; 48cnii@mail.ru

The Creation of Technological Lines for the Cultivation of Modified Lines of Mammalian Cells Expressing Recombinant Proteins

I.A. Churkin¹, S.V. Borisevich¹, D.A. Kutaev¹, V.T. Lymar¹, Yu.I. Pashchenko¹,
E.V. Gordeev¹, V.S. Kulish¹, T.M. Plekhanova¹, R.A. Khamitov², E.N. Sautkina²

¹*Federal State Budgetary Establishment «48 Central Scientific Research Institute» of the Ministry of Defence of the Russian Federation, Oktyabrskaya Street 11, Sergiev Posad 141306, Russian Federation*

²*Federal State Budgetary Institution «State Scientific-Research Institute of Genetics and Plant Breeding of Industrial Microorganisms», 1 Dorozhny Drive 1, Moscow 117545, Russian Federation*

The article presents data for creating technological line for the cultivation of modified lines of mammalian cells expressing recombinant proteins. This line is composed of three sections: for the creation of the modified lines of mammalian cells using modern molecular biological tools; for the implementation of scalable cultivation of genetically modified mammalian cells lines; for separation and purification of recombinant polypeptides using validated methods. Within the framework of the experimental study, the cells of CHO-S line, producing recombinant protein GP of the Ebola virus, have been grown up in the mixer reactor and in the wave-type fermenter with the use of suspension technology. It is established, that the wave-type fermenters have the advantage in the accumulation of cells and necessary protein. The recombinant polypeptide GP with purity exceeding 95 % has been isolated and purified from the cultural liquid. During the study of recombinant protein GP by ELISA and Western blot methods, it was detected that it's structure coincides with that of the native glycoprotein of the Ebola virus causative agent.

Keywords: *technological line; cultivation; mammalian cells; expression; recombinant protein.*

For citation: I.A. Churkin, S.V. Borisevich, D.A. Kutaev, V.T. Lymar, Yu.I. Pashchenko, E.V. Gordeev, V.S. Kulish, T.M. Plekhanova, R.A. Khamitov, E.N. Sautkina. *The Creation of Technological Lines for the Cultivation of Modified Lines of Mammalian Cells Expressing Recombinant Proteins* // *Journal of NBC Protection Corps*. 2017. V. 1. № 1. P. 33–41.

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. Yegorov N.S., Samuilov V.D. Modern methods of creating industrial strains of microorganisms. Biotechnology. Book 2. Moscow: Graduate School, 1988 (in Russian).
2. Prishchep T.P., Chuchalin W.S., Zaikov K.L., Mihaleva L.K., Belova L.S. Basics of pharmaceutical biotechnology. Rostov-na-Donu: Phoenix, Tomsk: NT, 2006 (in Russian).
3. Glick B., Pasternak J. Molecular biotechnology. Principles and application. Moscow: Mir, 2002 (in Russian).
4. Glebov O.K. Genetic transformation of somatic cells // Techniques for cultivation of cells / Ed. Pinaev G.P.; Leningrad: Nauka, 1988. P. 205–221 (in Russian).
5. Jayapal K.P., Wlaschin K.F., Hu W.S. Recombinant protein therapeutics from CHO cells – 20 years and counting // SBE Special Section. 2007. P. 40–47.

Authors

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

Churkin I.A. Chief of the Department. Candidate of Biological Sciences.

Borisevich S.V. Chief. Doctor of Biological Sciences, Professor, Corr. Member RAS.

Kutaev D.A. Deputy Chief for Scientific and Research Work. Candidate of Biological Sciences.

Lymar V.T. Senior Researcher. Doctor of Medical Sciences.

Pashchenko Yu.I. Leading Researcher. Doctor of Biological Sciences, Professor.

Gordeev E.V. Deputy Chief of the Department.

Kulish V.S. Deputy Chief of the Department. Candidate of Biological Sciences.

Plekhanova T.M. Senior Researcher. Candidate of Biological Sciences.

Federal State Budgetary Institution «State Scientific-Research Institute of Genetics and Plant Breeding of Industrial Microorganisms», 1 Dorozhny Drive 1, Moscow 117545, Russian Federation.

Khamitov R.A. Vice Director for Strategic Development. Doctor of Medical Sciences, Professor.

Sautkina E.N. Chief of the Department of Medical Biotechnology. Candidate of Chemical Sciences.

Address: Churkin Igor Alekseevich; 48cnii@mail.ru

Научно-технический анализ основных направлений исследований при создании новых образцов технических средств и рецептов специальной обработки

В. П. Карпов, О. В. Казимиров, К. С. Капканец

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

Поступила 15.09.2016 г. Принята к публикации 07.02.2017 г.

Рассмотрена существующая система технических средств и рецептов специальной обработки Российской армии. Показано, что основной объем работ по специальной обработке войск в условиях ведения боевых действий с применением оружия массового поражения должен выполняться самими войсками с применением общевойсковых технических средств специальной обработки. Эти средства должны быть массовыми и недорогими в изготовлении, простыми и удобными в эксплуатации, быть ремонтно-пригодными и иметь продолжительные сроки хранения. Части и подразделения радиационной, химической и биологической защиты должны привлекаться для выполнения наиболее сложных и ответственных задач, связанных с проведением специальной обработки командных пунктов управления, для обработки крупногабаритных объектов военной техники, а также для обработки обезличенных элементов экипировки военнослужащего и средств индивидуальной защиты. Представлены основные направления исследований, связанные с созданием новых, более совершенных индивидуальных средств дегазации, разработкой бортовых приборов и комплектов, а также с разработкой новых веществ, рецептов и способов дегазации.

Ключевые слова: вещества; рецептура; способы дегазации; специальная обработка; технические средства; индивидуальные средства; оружие массового поражения; военная техника; радиационная, химическая и биологическая защита; бортовые приборы.

Библиографическое описание: Карпов В.П., Казимиров О.В., Капканец К.С. Научно-технический анализ основных направлений исследований при создании новых образцов технических средств и рецептов специальной обработки // Вестник войск РХБ защиты. 2017. Т. 1. № 1. С. 42–52.

Специальная обработка войск является одной из приоритетных задач, направленных на сохранение боеспособности частей и подразделений в условиях ведения боевых действий с применением ядерного, химического и биологического оружия. Она включает в себя проведение дегазации, дезактивации и дезинфекции объектов вооружения, военной техники, армейского обмундирования (обмундирования, снаряжения, обуви) и средств индивидуальной защиты, подвергнутых заражению отравля-

ющими, радиоактивными веществами или бактериальными средствами.

Для решения задач по специальной обработке войск создана система технических средств, рецептов и способов дегазации, дезактивации и дезинфекции, которая была разработана в результате многолетнего труда коллективов 33 ЦНИИИ МО РФ, Военной академии РХБ защиты, а также ряда учреждений и организаций промышленности и Министерства обороны.

Существующую систему средств специальной обработки можно условно разбить на

две подсистемы. Первая подсистема включает средства специальной обработки общевойсковых подразделений. Сюда входят индивидуальные средства дегазации (пакеты и комплекты), которые являются принадлежностью каждого военнослужащего, и бортовые технические средства специальной обработки (приборы и комплекты), являющиеся принадлежностью каждого автомобиля, бронетранспортера или любого другого подвижного наземного объекта военной техники. Во вторую подсистему входят технические средства специальной обработки (ТССО) подразделений и частей войск РХБ защиты. Здесь также имеются две большие группы средств. В одну группу входят тепловые машины, авторазливочные станции и возимые комплекты, предназначенные для проведения дегазации, дезактивации и дезинфекции объектов вооружения и военной техники (ВВТ), а также для обработки отдельных участков местности и дорог с твердым покрытием. В другую группу входят технические средства, предназначенные для обработки обезличенного армейского обмундирования и средств индивидуальной защиты [1, 2].

Отдельную группу средств представляют дегазирующие, дезактивирующие и дезинфицирующие вещества и рецептуры, которые могут применяться как с помощью технических средств подразделений войск (бортовых приборов и комплектов), так и с помощью средств подразделений и частей войск РХБ защиты [1, 2].

По существующим в настоящее время взглядам войска РХБ защиты будут привлекаться к выполнению наиболее сложных и ответственных задач, связанных с проведением специальной обработки командных пунктов управления, для обработки крупногабаритных объектов военной техники, а также для обработки обезличенного армейского обмун-

дирования и средств индивидуальной защиты. Основной же объем работ по специальной обработке войск, связанный с обработкой личного состава и техники, который может составлять до 70 % от общего объема, должен выполняться силами самих войск. Для выполнения данной задачи войскам необходимо иметь простые, надежные и эффективные средства. Эти средства должны быть массовыми и недорогими в изготовлении, простыми и удобными в эксплуатации, быть ремонтно-пригодными и иметь продолжительные сроки хранения.

Учитывая важность общевойсковых средств для решения задач по специальной обработке войск, остановимся на этих средствах несколько подробнее. Рассмотрим индивидуальные средства дегазации Российской армии.

На рисунке 1 представлены индивидуальные противохимические пакеты в динамике их развития. Это пакеты ИПП-8, ИПП-10 и ИПП-11. Предназначены для обработки открытых участков кожи и относятся к неотложным средствам дегазации, т.е. они должны применяться немедленно каждым военнослужащим сразу после воздействия на личный состав первичного облака ОВ.

Пакет ИПП-8 был разработан в начале 60-х годов прошлого столетия. В его состав входит алкоголятная полидегазирующая рецептура нуклеофильного действия. Принципы, используемые при создании алкоголятных полидегазирующих рецептур для индивидуальных средств дегазации, в последующем были применены при разработке полидегазирующих рецептур, предназначенных для дегазации объектов вооружения и военной техники (рецептуры РД, РД-А и РД-2). Большой вклад в разработку этих рецептур внес бывший сотрудник 33 ЦНИИ МО РФ, в последующем начальник института и заме-



Рисунок 1 — Индивидуальные противохимические пакеты
(а — ИПП-8 (1960 г.); б — ИПП-10 (1987 г.); в — ИПП-11 (2004 г.))

стителю начальника войск по вооружению и НИР генерал-лейтенант А.Д. Кунцевич (рисунок 2), который впоследствии стал Героем Социалистического труда, действительным членом академии наук и лауреатом Ленинской премии.

В 1987 г. принят на снабжение армии новый пакет ИПП-10. Для него была разработана рецептура принципиально нового состава на основе солей азотнокислого лантана. Рецептура обладает не только хорошими дегазирующими свойствами, но также способствует заживлению ран на коже при ожогах. В 2004 г. на снабжение Российской армии принят пакет ИПП-11. Он изготовлен в виде салфеток, упакованных в алюминиевую фольгу и пропитанных рецептурой из пакета ИПП-10. Это позволило существенно снизить массогабаритные характеристики пакета ИПП-10.

На рисунке 3 представлены индивидуальные средства дегазации, предназначенные для обработки обмундирования, снаряжения и стрелкового оружия. Пакеты ИДП-1 и ДПС-1 входят в состав комплекта ИДПС-69, принятого на снабжение армии в 1974 г. В начале 80-х гг. прошлого столетия было организовано массовое серийное производство комплектов ИДПС-69, которые до настоящего времени имеются в войсках.

Пакет ИДП-1 предназначен для дегазации стрелкового оружия (автоматов, пулеметов и гранатометов) и до настоящего времени не претерпел существенных изменений. В то же время проходила модернизация и совершенствование пакета ДПС-1, предназначенного для дегазации обмундирования и снаряжения. При этом основные усилия были направлены на расширение объема решаемых им задач. Пакет ДПС-1 сменил дегазирующий пакет порошковый (ДПП). Его приняли на



Рисунок 2 — Кунцевич А.Д.

снабжение армии в 1982 г. Этот пакет позволял дегазировать обмундирование, зараженное не только парами зомана, но также мелкими каплями ОВ типа VX и иприта. В 1991 г. на снабжение армии был принят дегазирующий пакет порошковый модернизированный (ДПП-М) на основе хлорамина Д-52, который наряду с дегазирующими свойствами обеспечивал импрегнирование обмундирования с приданием ему временных защитных свойств по ОВ. К сожалению, в связи с распадом на-



Рисунок 3 — Индивидуальные средства дегазации
(а — Комплект ИДПС-69; б — ДПП; в — ДПП-М)

шего государства серийное производство пакета ДПП-М так и не было организовано.

Анализ информационных материалов [3, 4] показывает, что в армиях стран – вероятных противников в рассматриваемый период также проводились исследования, направленные на разработку новых, более совершенных индивидуальных средств дегазации. Наибольшие успехи в этой области достигнуты в армии США. На рисунке 4 представлены индивидуальные средства дегазации, разработанные в последние годы в армии США.

Американской компанией «Rohm and Haas Company» был разработан комплект М-291, принятый на снабжение армии США в 1994 г. Он предназначен для дегазации открытых участков и в настоящее время полностью заменил состоящий ранее на снабжении комплект М-258А1 (аналог нашего отечественного пакета ИПП-51). В 1996 г. на снабжение армии США был принят комплект М-295, предназначенный для дегазации обмундирования и снаряжения. В состав комплектов М-291 и М-295 входит одна и та же рецептура, разработанная на основе смолы Ambergard ХЕ-555. Данная рецептура представляет собой синтетический сорбционный полимер, содержащий химически активные функциональные группы, способные не только поглощать, но и необратимо связывать и разлагать ОВ. Компания «Rohm and Haas Company» считается одной из ведущих американских фирм, занимающихся созданием сорбционных полифункциональных полимерных материалов. При этом разработка рецептуры Ambergard ХЕ-555 и создание на ее основе индивидуальных средств дегазации (комплектов М-291 и М-295) было признано военными специалистами важнейшим (лучшим) достижением фирмы за последние 50 лет [3, 4].

При создании новых индивидуальных средств дегазации в США впервые применена технология «адсорбирующей резины». В процессе дегазации данным комплектом отравляющее вещество проникает в макро- и микропоры рецептуры Ambergard ХЕ-555, где нейтрализуется за счет взаимодействия с привитыми к полимеру химически активными функциональными группами, обладающими кислотными и щелочными свойствами.

Принимая во внимание, что создание рецептуры на основе смолы Ambergard ХЕ-555, используемой в составе комплектов М-291 и М-295, признано лучшей разработкой в армии США за последние 50 лет, специалистами 33 ЦНИИИ была проведена экспериментальная оценка дегазирующих свойств данной рецептуры. В результате проведенных исследований установлено, что по своей дегазирующей способности она находится на уровне табельных рецептур, входящих в отечественные индивидуальные средства дегазации (пакеты ИПП-10 и ДПП-М).

В последние годы был разработан и принят на снабжение Российской армии Индивидуальный комплект специальной обработки (ИКСО), общий вид которого представлен на рисунке 5. В его состав входят: индивидуальный противохимический пакет ИПП-11 (3 шт.); дегазирующий пакет порошковый ДПП-М1 (1 шт.); индивидуальный дезинфицирующий и дезактивирующий пакет ИДДП (2 шт.); салфетки для удаления остатков рецептуры (3 шт.).

Впервые задача по оснащению объектов военной техники бортовыми техническими средствами специальной обработки была поставлена в начале 60-х гг. прошлого столетия. В результате исследований, проведенных под руководством бывшего сотрудника 33 ЦНИИИ МО РФ Арнольда Борисовича Ческиса (ри-

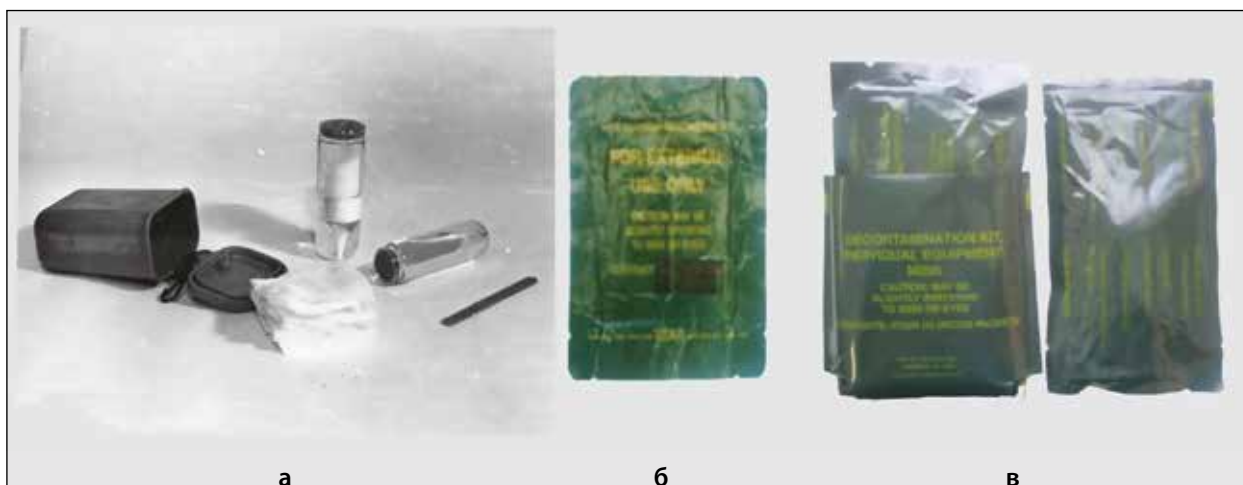


Рисунок 4 — Индивидуальные средства дегазации армии США
(а — М-258-А1; б — М-291; в — М-295)

сунок 6), был разработан газожидкостной прибор, в основу конструкции которого положена идея использования энергии и тепла выхлопных газов двигателя автомобиля для подачи дегазирующего или дезактивирующего раствора на обрабатываемую поверхность объекта.

На этом принципе был разработан автомобильный комплект специальной обработки, известный в войсках как комплект ДК-4. Общий вид комплекта и порядок его использования при дегазации автомобильной техники показан на рисунке 7.

Комплект ДК-4 стал первым массовым техническим средством специальной обработки, позволяющим проводить дегазацию, дезактивацию и дезинфекцию объектов военной техники непосредственно в боевых порядках войск силами экипажей и расчетов. Комплект изготавливался на протяжении ряда лет. Создано несколько модификаций комплекта в зависимости от марки автомобиля и типа двигателя. Благодаря разработке комплекта ДК-4 был сделан существенный шаг вперед в плане оснащения подвижных объектов военной техники бортовыми техническими средствами специальной обработки (ТССО). Вместе с тем в процессе эксплуатации данного комплекта в войсках был выявлен и ряд недостатков. Одним из существенных недостатков комплекта ДК-4 является то, что его работоспособность зависит от герметичности выхлопной системы двигателя автомобиля. Из-за агрессивности выхлопных газов двигателя, выхлопная система автомобиля быстро выходит из строя, становится не герметичной и не обеспечивает подачу рабочего раствора методом эжектирования с заданной нормой расхода. В 1990 г. был разработан и принят на снабжение комплект



Рисунок 6 — Ческис А.Б.

БКСО, (рисунок 8), объединивший в себе два типа приборов: ИДК-1 и ДК-4, т.е. из него стало возможным применять как водные, так и сольвентные рецептуры. Тем не менее, основные недостатки, присущие комплекту ДК-4, остались также и в комплекте БКСО.

На основе анализа, проведенного в начале 90-х гг. прошлого столетия, было показано, что существующая система бортовых технических средств специальной обработки не в полной мере отвечает современным тре-



Рисунок 5 — Индивидуальный комплект специальной обработки (ИКСО)
(а — ИКСО; б — ИПП-11; в — ДПП-М1; г — ИДДП; д — салфетки)



Рисунок 7 — Автомобильный комплект специальной обработки военной техники ДК-4
(а — общий вид комплекта ДК-4; б — дегазация автомобиля КАМАЗ ДК-4)

бованиям войск. В первую очередь это связано с большим многообразием таких средств. С учетом всех модификаций было разработано 17 типов бортовых приборов и комплектов. Такое многообразие приводит не только к удорожанию разработки и производства бортовых приборов, но также усложняет эксплуатацию и ремонт этих приборов в войсках.

В ходе ранее проведенных исследований было показано, что перспективная система бортовых ТССО должна включать два типа приборов: это автономные приборы, принцип действия которых не зависит от энергоисточников базового шасси, а также приборы, имеющие встроенную в базовое шасси автомобиля конструкцию.

Автономный прибор специальной обработки АПСО был разработан и в 2004 г. принят приказом Министра обороны на снабжение Российской армии. Общий вид прибора представлен на рисунке 9, а его основные тактико-технические характеристики обобщены в таблице 1.

Следует отметить, что, несмотря на то, что автономный прибор разработан и принят на снабжение Российской армии, не все вопросы, связанные с эксплуатацией данного прибора в войсках, до конца решены. Это связано как с типом применяемых из данного прибора рецептур, так и с созданием в приборе рабочего давления.

Второй тип прибора — это прибор, встроенный в базовое шасси автомобиля. По нашему мнению, он в большей степени может соответствовать требованиям, предъявляемым к общевоинским бортовым техническим средствам специальной обработки, которые должны быть массовыми и недорогими в изготовлении, простыми и удобными в эксплу-

атации, быть ремонтно-пригодными и иметь продолжительные сроки хранения. Общие тактико-технические требования к встроенному бортовому прибору специальной обработки были обоснованы в начале 90-х гг. прошлого столетия в ходе выполнения научно-исследовательских работ. Предполагалось, что на шасси автомобилей, имеющих пневмосистему (ЗИЛ, КАМАЗ, УРАЛ и др.), устанавливается (прикручивается или приваривается) дополнительная емкость, которая соединяется шлангом с ресивером автомобиля. К этой емкости через штуцер могут присоединяться резиноканевые рукава с брандспойтами и специальная обработка автомобиля может быть проведена своими силами, т.е. силами расчета автомобиля. Общий вид встроенного прибора показан на рисунке 10.



Рисунок 8 — Бортовой комплект специальной обработки (БКСО)

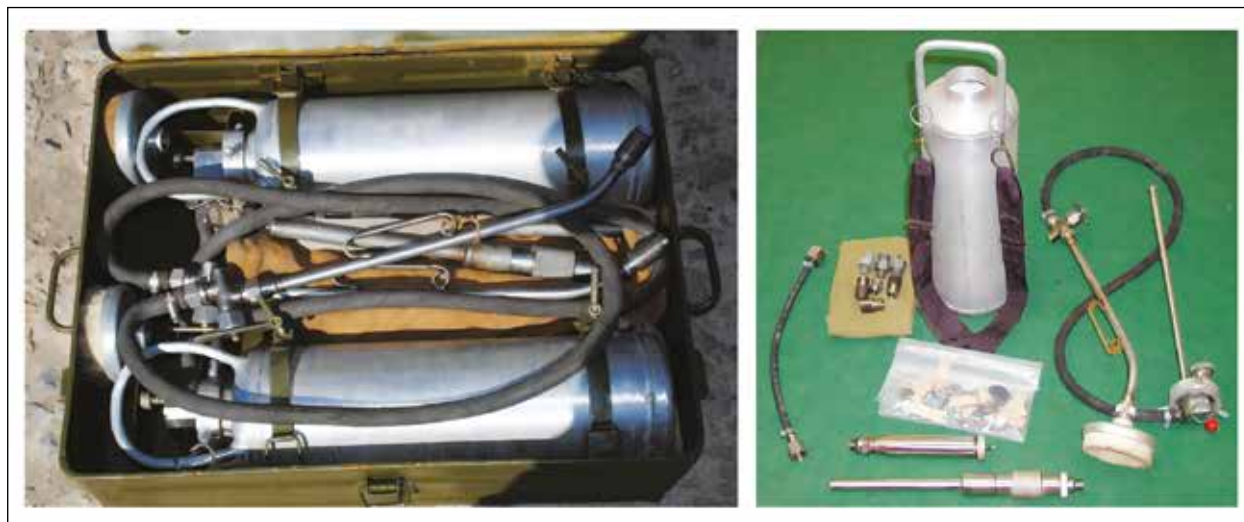


Рисунок 9 — Автономный прибор специальной обработки (АПСО)

Подача раствора на обрабатываемую поверхность осуществляется сжатым воздухом от ресивера автомобиля. С помощью данного прибора могут применяться любые табельные рецептуры – как водные, так и сольвентные с принятыми нормами расхода. А если не нужно дегазировать объект, то эту емкость можно заполнить водой и в случае необходимости использовать для помывки машины. При совершении марша на большие расстояния емкость можно заправлять дополнительным количеством топлива.

К сожалению, идея не нашла широкого распространения и прибор не стал, как предполагалось, массовым техническим средством специальной обработки двойного назначения, которым можно было бы оснастить все типы автомобилей, имеющих пневмосистему, и использовать по прямому назначению как в мирное, так и в военное время.

Важное место в системе средств специальной обработки занимают рецептуры, без применения которых решение задач по дегазации и дезинфекции объектов ВВТ в общевойсковых подразделениях с помощью АПСО невозможно. Учитывая тактико-технические характеристики автономного прибора специальной обработки, не каждая рецептура подходит для ее

применения из данного технического средства (таблица 1, рисунок 9).

Так, применение с помощью АПСО основных табельных рецептур, к которым относятся 1,0-1,5 % (масс.) водный раствор гипохлорита кальция и полидегазирующая рецептура РД-2, для дегазации и дезинфекции объектов ВВТ не приемлемо. Это связано с тем, что возможности по обработке военной техники при проведении дегазации 1,0-1,5 % (масс.) водным раствором гипохлорита кальция составляет 3 м² при рекомендуемой норме расхода 1,5 л/м², а в случае дезинфекции эти возможности будут еще меньше, так как норма расхода рецептуры на основе гипохлорита кальция при проведении дезинфекции составляет от 3,0 до 4,5 л/м². Норма расхода рецептуры РД-2 составляет 0,4-0,5 л/м², но эта рецептура не обладает бактерицидными свойствами, т.е. не пригодна для целей дезинфекции. Следовательно, в случае необходимости проведения дегазации и дезинфекции на объекте необходимо иметь два комплекта приборов: один с дегазирующей рецептурой, а другой — с дезинфицирующей, что также не может рассматриваться в качестве приемлемого варианта.

В связи с этим, для автономного прибора специальной обработки необходимо иметь высокоэффективную бифункциональную рецептуру, предназначенную для проведения дегазации и дезинфекции объекта военной техники при минимальной норме расхода рецептуры, не превышающей 0,3 л/м², применяемой в интервале температур от минус 40 до плюс 40 °С. Разработка такой рецептуры представляет собой сложную задачу и стоимость этой рецептуры будет существенно выше по сравнению со стоимостью табельных дегазирующих рецептур. Одним из возможных вариантов для решения данной задачи

Таблица 1 — Основные тактико-технические характеристики автономного прибора специальной обработки АПСО

Наименование характеристики	Показатель
Рабочая емкость, л	5,8
Время подготовки, мин	2,0
Рабочее давление, МПа	1,0
Масса прибора, кг	13,5

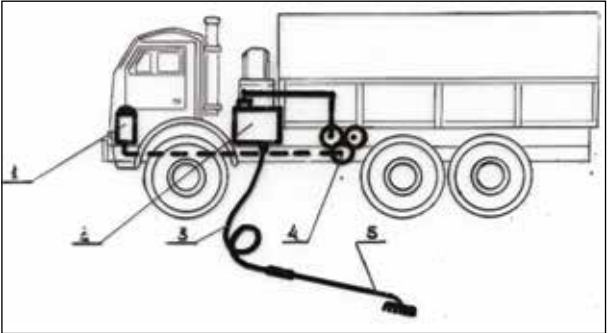


Рисунок 10 — Встроенный прибор специальной обработки
(1 — компрессор автомобиля; 2 — рабочая емкость ВПСО; 3 — жидкостный рукав; 4 — ресивер автомобиля; 5 — брандспойт)

является использование загущенных рецептур, содержащих в своем составе водорастворимые полимеры и химически-активные компоненты. Первой такой рецептурой, принятой на снабжение Российской армии в 2004 г., является рецептура ВПР-1. Общий вид комплекта водно-полимерной рецептуры ВПР-1 представлен на рисунке 11 и ее основные тактико-технические характеристики представлены в таблице 2.

Несмотря на явные преимущества рецептуры ВПР-1, связанные с небольшой нормой расхода и возможностью применения ее для целей дегазации и дезинфекции, эта рецептура обладает повышенной вязкостью и для распыления рецептуры требуется создавать давление не меньше 10 атмосфер. Исходя из этого, все существующие технические средства специальной обработки (кроме прибора АПСО) не пригодны для ее применения. Поэтому разрабатывая новые рецептуры, например на основе пен, необходимо думать, из каких технических средств они будут применяться.

Перспективная система средств специальной обработки также должна содержать два типа рецептур: одну на водной основе, так как вода является одним из наиболее дешевых и доступных растворителей и применение водных рецептур в условиях положительных температур значительно упрощает вопросы снабжения войск рецептурами и сокращает объем перевозок. В зимних же условиях целесообразно применять рецептуры на основе органических растворителей, которые не замерзают при отрицательных температурах окружающего воздуха. Таких же взглядов придерживаются специалисты в армиях ведущих зарубежных стран. Так, в армии США на снабжении состоит рецептура DS-2 (в армиях других стран НАТО ее аналоги) на основе органических растворителей и водная рецептура на основе стабилизированной хлорной извести STB.

Одним из важных и перспективных направлений исследований в области развития средств специальной обработки для общевойсковых подразделений является создание

специальных рецептур, при заблаговременном нанесении которых на внутренние и наружные поверхности военной техники, формируется самодегазирующее покрытие (СДП), обеспечивающее безопасную эксплуатацию объектов в условиях ведения боевых действий с применением ОВ. Первый опытный образец рецептуры СДП на основе водно-дисперсионной краски и сорбента был принят на снабжение Вооруженных сил Российской Федерации в 2000 г. Общий вид объекта – бронетранспортера БТР-60П с нанесенным СДП представлен на рисунке 12.

Внедрение в войска самодегазирующих покрытий позволит существенно сократить затраты сил, средств и времени на проведение дегазации зараженных ОВ объектов ВВТ. В настоящее время исследования по изысканию новых составов самодегазирующих покрытий для объектов вооружения и военной техники продолжаются.

Таким образом, в ходе проведенного нами научно-технического анализа были обоснованы основные направления исследований по созданию новых образцов технических средств и рецептур специальной обработки. Показано, что решить все задачи по проведению специальной обработки войск в условиях ведения боевых действий с применением оружия массового поражения только с использованием

Таблица 2 — Основные тактико-технические характеристики водно-полимерной рецептуры ВПР-1

Наименование характеристики	Показатель
Норма расхода рецептуры, л/м ²	0,28–0,30
Температурный интервал применения, °C	0–40
Площадь обработки одной зарядкой прибора АПСО, м ²	14–6
Темп обработки, м ² /мин	10–12



Рисунок 11 — Водно-полимерная бифункциональная рецептура ВР-1

ТССО частей и подразделений РХБ защиты не представляется возможным. Основной же объем работ должен выполняться силами самих войск, а для этого необходимо в общевойсковых подразделениях иметь простые, надежные и эффективные средства специальной обработки. При этом для повышения возможностей со-

временных технических средств по дегазации и дезинфекции объектов ВВТ необходимо иметь высокоэффективную бифункциональную рецептуру с минимальной ее нормой расхода, не превышающей $0,3 \text{ л/м}^2$, и применяемой в интервале температур от минус 40 до 40 °С.



Рисунок 12 — Бронетранспортер БТР-60П с СДП

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. Руководство по специальной обработке: руководство; редактор А.П. Волков / Министерство обороны СССР. М.: Военное изд-во МО РФ, 1988. 208 с.
2. Руководство по специальной обработке в подразделениях: руководство / Министерство обороны РФ. М.: Военное изд-во МО РФ, 2014. 115 с.
3. Jane's Defense Equipment Library / Jane's NBC Protection Equipment. 2002–2003. 1 электрон. опт. диск (CD-ROM).
4. Jane's Defense Equipment Library / Jane's NBC Protection Equipment. 1995–1996. 1 электрон. опт. диск (CD-ROM).

Об авторах

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

Карпов Виктор Павлович. Ведущий научный сотрудник, д-р хим. наук, проф.

Казимиров Олег Валентинович. Старший научный сотрудник, канд. техн. наук, доцент.

Капканец Кирилл Сергеевич. Старший научный сотрудник.

Адрес для переписки: Капканец Кирилл Сергеевич; 24kirill@bk.ru

Scientific and Technical Analysis of the Main Trends in Research during the Development of New Decontaminants and Decontaminating Equipment

V.P. Karpov, O.V. Kazimirov, K.S. Kapkanets

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

The article is concerned with the current system of the decontaminants and decontamination equipment of the Armed Forces of the Russian Federation. The authors indicate that the main decontamination work during the fighting with the use of weapons of mass destruction must be done by the soldiers themselves with the application of the decontamination equipment at their disposal. This equipment should be repairable, simple and convenient in use, not expensive in production and have extended storage life. Military units of radiological, chemical and biological defence should be involved in the most difficult and responsible decontamination operations, connected with the decontamination of the command and control centers, large-size military equipment and individual protection equipment. The article is concerned with the main trends in the research, connected with the creation of new, more advanced individual means of decontamination, development of portable decontamination equipment, decontaminants and ways of decontamination.

Keywords: substance; formulation; decontamination methods; technical means; individual means; weapons of mass destruction; military equipment; radiological, chemical and biological defence; onboard instruments.

For citation: Karpov V.P., Kazimirov O.V., Kapkanets K.S. *Scientific and Technical Analysis of the Main Trends in Research during the Development of New Decontaminants and Decontaminating Equipment* // *Journal of NBC Protection Corps*. 2017. V. 1. № 1. P. 42–52.

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. Manual for the Decontamination: manual; ed. Volkov A.P. / Ministry of Defence of the USSR. Moscow: Military Publishing House of the Ministry of Defence, 1998. 208 p. (in Russian).
2. Manual for the Decontamination: manual / Ministry of Defence of the Russian Federation. Moscow: Military Publishing House of the Ministry of Defence, 2014. 115 p. (in Russian)
3. Jane's Defense Equipment Library / Jane's NBC Protection Equipment. 2002–2003. 1 CD-ROM.
4. Jane's Defense Equipment Library / Jane's NBC Protection Equipment. 1995–1996. 1 CD-ROM

Authors

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

Karpov V.P. Leading Researcher. Doctor of Chemistry, Professor.

Kazimirov O.V. Senior Researcher. Candidate of Technical Sciences.

Kapkanets K.S. Senior Researcher.

Address: Kapkanets Kirill Sergeevich; 24kirill@bk.ru

Влияние химического оружия на тактику и оперативное искусство Первой мировой войны (исторический очерк), часть 1

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), часть 1 // Вестник войск РХБ защиты. 2017. Т. 1. № 1. С. 53–68.

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

К концу Первой мировой войны на европейском театре военных действий химическое оружие применялось всеми ее участниками [1]. В межвоенный период его роль в боевых действиях, как тогда считали, самой кровавой и последней войны, была значительно принижена историками антигерманского блока, пытавшихся таким образом скрыть свои просчеты в военном планировании¹. После Второй мировой войны эта страница военной истории потеряла актуальность для ученых-историков, и напрасно. Химическое оружие, уничтоженное государствами, присоединившимися к «Конвенции о запрещении разработки, производства, накопления и применения химического оружия и его уничтожении» (1993), возвращается террористическими организациями. Пока его применяют на Среднем и Ближнем Востоке, но кто может предсказать, где оно начнет калечить и убивать людей завтра? Кроме того, сегодня мифотворчество о химическом оружии, нацеленное прежде всего на людей, не знающих о его поражающих особенностях, стало инструментом агрессивного информационного и военного давления на Россию и ее союзников. Да и исчерпание возможностей одной технологии массового поражения людей еще не означает снижения спроса на такие технологии вообще. Новая практика войны будет решать задачи, не решенные предыдущими способами ее ведения, и не будет лишним о них вспомнить.

Цель работы — изучение влияния химического оружия на тактику и оперативное искусство Первой мировой войны.

Довоенные представления о химическом оружии и его применении на поле боя. В первой половине XIX в. были открыты и синтезированы основные отравляющие вещества (ОВ), использованные воюющими сторонами на поле боя в 1915–1918 гг. (хлор — 1810 г.; синильная кислота — 1811 г.; фосген — 1811 г.; дифосген — 1847 г.; хлорпикрин — 1848 г.; иприт — 1822 и 1859 г.). Во второй половине XIX в. разработаны технологии синтеза органофосфатных соединений, ингибиторов холинэстеразы: тетраэтилпирофосфата (1854 г.) и метилфосфорилдихлорида (1873 г.), проложившие дорогу к принятию в 1930–1950 гг. армиями промышленно развитых государств

¹ Например, известный своими фундаментальными работами по истории Первой мировой войны британский историк Б.Х. Лиддел Гарт (Sir Basil Henry Liddell Hart, 1895–1970) объяснял полный разгром 5-й британской армии в ходе германского наступления, начавшегося 21 марта 1918 г., его внезапностью и отсутствием у британцев резервов [2]. Как можно говорить о внезапности и недостатке резервов, когда химическая подготовка наступления была начата немцами 9 марта, и до 21 марта ими было по направлениям прорыва выпущено до 500 тыс. химических снарядов? Немцами также были созданы обширные ипритные заграждения на флангах предполагаемого наступления. За этот период британо-французские войска потеряли пораженными ОВ 7200 человек [1, 3]. Германские авторы, Р. Ганслиан и Ф. Бергендорф, в начале 1920-х гг. объясняли поражение союзников во время мартовского наступления на Западном фронте масштабным применением немцами химического оружия, а не внезапностью [4].

боеприпасов с ОВ нервно-паралитического действия (табун, зоман, зарин, VX) [5, 6].

В 1854 г. британский химик лорд Л. Плайфар (Lyon Playfair, 1818–1898) предложил британскому правительству обстреливать укрепления Севастополя артиллерийскими снарядами, снаряженными недавно открытым токсическим металлоорганическим соединением мышьяка — цианистым какодилем (cacodyl cyanide, dimethylarsinic cyanide). Этот план якобы отвергло британское правительство по гуманным соображениям. Однако сохранились документальные свидетельства обстрела Одессы 11 апреля 1854 г. с британских и французских боевых кораблей химическими бомбами — видимо, теми самыми, которые предложил лорд Плайфар [7, 8].

Первая детальная проработка возможности использования ОВ удушающего действия при прорыве эшелонированной обороны противника осуществлена летом 1855 г. британским лордом Дандональдом² в разгар кровопролитных боев за Севастополь. Дандональд представил британскому правительству секретный меморандум, где предложил атаковать русских, засевших на Малаховом кургане, облаком сернистого ангидрида (сернистый газ, SO_2). Он привел расчет, показывавший, что для удушения защитников Малахового кургана сернистым газом надо поджечь смесь, состоящую из 500 т серы и 2 тыс. т каменного угля (соотношение 1:4) [9]³.

Исходным пунктом для атаки Малахова кургана сернистым газом предполагался «Мамелон»⁴ — пункт, расположенный вблизи Малахова кургана и находившихся в сфере огня русских батарей, стоявших в районе Большого редана. С целью его прикрытия от флангового огня русских батарей британский план предусматривал одновременное проведение «окуривания» Большого редана (русские называли это укрепление «Большой редут») дымом угля и смолы, зажженных в каменоломне. Атаку сернистым газом и постановку дымовой завесы перед Большим реданом предполагалось поддерживать артиллерийским огнем.

План Дандональда соответствовал материальным и техническим возможностям того времени. Из-за высокой плотности (SO_2 в 2,2 раза тяжелее воздуха), не менее 1000 т токсичного

газа «стекло» бы с Мамелона в низины Севастополя, образуя «газовые болота», что вызвало бы массовую гибель защитников и жителей города.

А.А. Сыромятников [11], анализируя проект в целом уже после окончания Первой мировой войны, отметил, что Дандональд предполагал использовать те же основные идеи и тактические приемы, которые сформировались эмпирически на основе совершенствования тактики химической войны в период боев на Западном фронте в 1917–1918 гг.:

- главная цель химического нападения — обеспечение продвижения пехоты;
- химические средства применяются массированно;
- газовая атака комбинируется с артиллерийским огнем поражением противника;
- применение ОВ и войска, осуществляющие химическое нападение, маскируются дымовыми завесами.

В конце 50-х г. XIX в. Главное артиллерийское управление (ГАУ) российского военного ведомства предложило ввести в боекомплект единорогов бомбы с ОВ. Для крепостных однопудовых единорогов⁵ (196 мм, дальность стрельбы до 3 тыс. м, т.е. в три раза превышающая дальность стрельбы газометов, созданных в 1916 г.) разработали и испытали на животных опытную серию бомб, снаряженных цианистым какодилем. Но у начальника ГАУ, генерал-адъютанта А.А. Баранцова (1810–1882), осуществившего важные преобразования и усовершенствования в русской артиллерии, не хватило воображения из второй половины XIX в. увидеть перспективы нового оружия в веке двадцатом [7].

В 1862 г., во время Гражданской войны в США (1861–1865), некий школьный учитель Джон Даугт (John W. Doughty), житель Нью-Йорка, направил письмо военному министру Э. Стентону (Edwin McMasters Stanton, 1814–1869) с предложением применить против южан снаряды, заполненные жидким хлором, переводимым в газообразное состояние взрывом [5] (рисунок 1).

Конструктивно снаряд Даугта сходен с теми, что использовались в Первую мировую войну. Взрыв такого снаряда мог дать до 900 л газообразного хлора. Что ответил министр Стентон учителю Даугту, неизвест-

² Его полное имя Томас Кокрейн, 10-й граф Дандональд, маркиз Мараньян (Thomas Cochrane, 10th Earl of Dundonald, Marques do Maranhão;).

³ В документах Дандональда приведено имя автора такого расчета — знаменитый британский химик Майкл Фарадей (Michael Faraday, 1791–1867) [9].

⁴ Русские называли это укрепление «Камчатский редут». Построен на месте бывших каменоломен впереди Малахова кургана в ночь с 26 на 27 февраля 1855 г. Захвачен французами 26 мая 1855 г. [10].

⁵ Единорог — гладкоствольное артиллерийское орудие-гаубица с конической каморой.

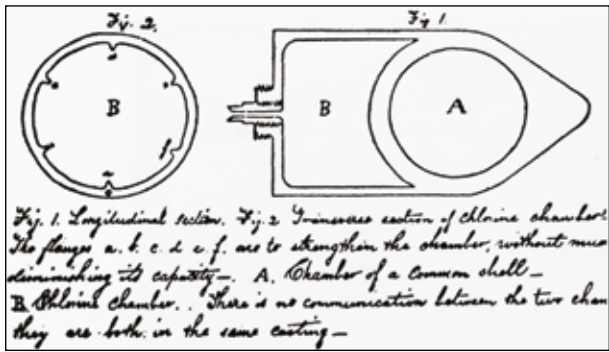


Рисунок 1 — Схема химического снаряда Даугта (1862). По [5]

(снаряд должен был состоять из двух частей: секции А, расположенной в головной части — снаряжалась взрывчатым веществом; и следующей за ней секции В — емкости, заполненной 2–3 квартами (~ 2–3 л) жидкого хлора. При подрыве заряда хлор должен был мгновенно перейти в газообразное состояние и образовать стелющееся по земле ядовитое облако (хлор в 2,5 раза тяжелее воздуха))

но. Но идея использовать ядовитый газ для уничтожения противника была популярной среди американских создателей чудо-оружия того времени. Во время осады городка Петербург (Petersburg) войсками генерала Уиллиса Гранта (Ulysses Simpson Grant, 1822–1885) Форест Шеппард (Forrest Shepherd, 1800–1888), профессор сельскохозяйственной химии Западного резервного университета (Western Reserve University), предложил федералам сломить оборону южан, направив на город облако токсичного газа, который, якобы, можно создать путем смешивания соляной и серной кислот (hydrochloric and sulfuric acids). Подполковник армии южан Уильям Блэкфорд (William W. Blackford, 1831–1905) разработал термическую шашку для перевода серы в сернистый газ (sulfur cartridge) — предтечу ядовито-дымных шашек Первой мировой войны. Она предназначалась для отравления сернистым газом саперов противника в минных туннелях. Шашку Блэкфорда конфедераты производили промышленным путем [5].

⁶ Этилбромацетат (бромуксусной кислоты этиловый эфир) — жидкость с приятным фруктовым запахом, плотность пара по отношению к воздуху 5,6; $t_{кип} = 159^{\circ}\text{C}$. Использовался как инкапситуант, хотя по токсичности не уступает синильной кислоте. Из-за нестерпимого раздражающего действия этого ОВ боец или быстро надевал противогаз, или искал спасение в бегстве. Поэтому он вдыхал количества этилбромацетата, недостаточные для смертельного отравления.

⁷ Конвенция «О законах и обычаях сухопутной войны» от 1899 г. сопровождалась «Приложением о законах и обычаях сухопутной войны», состоящим из четырех отделов. В отделе II приложения, имеющего подзаголовок «О военных действиях», в главе I «О средствах нанесения вреда неприятелю, об осадах и бомбардировках», в ст. 22 записано: «Воюющие не пользуются неограниченным правом в выборе средств нанесения вреда неприятелю». А ст. 23 поясняет это положение: «Кроме ограничений, установленных особыми соглашениями, запрещается также: а) употреблять яд или отравленное оружие ...; б) употреблять оружие, снаряды и вещества, способные причинять излишние страдания ...». В 1907 г. на Мирной конференции в Гааге они были продублированы без изменений [12, 13].

К началу XX в. развитие химической промышленности уже не позволяло игнорировать проблему, которую могло создать войскам применение ОВ на поле боя. Дипломаты 26 стран в 1899 г. и дипломаты 46 стран в 1907 г. на Мирных конференциях в Гааге, созданных по инициативе российского императора Николая II (1868–1918), выработали требования к воюющим сторонам, по сути запрещающие им применение ОВ в боевых действиях [12, 13].

Документы, подписанные в Гааге в 1899 г. и в 1907 г., не препятствовали ни разработке химического оружия, ни созданию средств защиты от него. Государства брали на себя обязательство не применять такое оружие «первыми», допуская его применение «вторыми». Но что должно представлять собой такое оружие, как оно должно быть устроено, какими химическими веществами снаряжено, как и когда его применять? Сценарии химической войны, преследующие те цели и осуществляемые в тех масштабах, какие она приобрела с апреля 1915 г., не могли прийти в голову военным специалистам, убежденным в невозможности позиционной затяжной войны.

По представлениям ведущих военных стратегов того времени, все боевые задачи предполагалось решать отвагой и дружным натиском пехоты. Даже артиллерии ими отводилась второстепенная роль поддержки наступающей пехоты [14]. Когда в 1912 г. французская армия приняла на вооружение инженерных частей 26-мм ружейную гранату, снаряженную этилбромацетатом⁶, никто из политиков не обратил внимания на то, что боевое применение такой гранаты не соответствует правилам ведения войны, определенным в Гааге в 1899 и 1907 гг. Возможно, этому помешала размытость формулировок гаагских документов⁷. Но и среди военных никто не был готов к тому, что во время войны на основе давно известных химических веществ можно создать боевое средство, способное серьезно изменить практику планирования и ведения боевых действий (рисунок 2).

Первое применение химического оружия. Толчком к появлению химического оружия на фронтах Первой мировой войны стало

первое сражение под бельгийским городком Ипр (20.10–15.11.1914 г.)⁸. Историки вспоминают о нем редко. Сражение не принесло полководческой славы ни британским, ни германским генералам, но имело далеко идущие последствия в развитии военного дела. Обе стороны, не испытывавшие тогда нехватки в храбрых и патриотичных людях, не понимали, что участвуют в войне нового типа. Они пытались решить задачи по разгрому друг друга решительными наступлениями пехоты, начавшимися в один день — 20 октября 1914 г. В серии встречных сражений кадровые составы их армий были «выкошены» винтовочным и пулеметным огнем перед земляными укреплениями друг друга. Подготовленные перед войной резервы и боеприпасы оказались исчерпаны, оборона восторжествовала над атакой, вооружение и методы ведения наступательного боя устарели, война почти на 4 года зашла в позиционный тупик.

Выяснилась непригодность осколочных и фугасных снарядов для прорыва обороны противника. Разлетающиеся металлические осколки снарядов опасны для людей только на открытой местности. Стрельба фугасными снарядами по земляным укреплениям оказалась мало результативной. Возникло несоответствие между наступательной мощью армий и их оборонительными возможностями. Преодолеть оборону противника было невозможно, но и выиграть войну, сидя в обороне, нельзя. Появилась потребность в новых видах оружия, неуязвимых для пулеметов и артиллерии, способных либо преодолевать окопы, либо поражать людей непосредственно в окопах и укреплениях.

Британцы пошли по пути создания бронированной машины, предназначенной для преодоления укрепленной полосы противника. Ее идею в октябре 1914 г. предложил военному ведомству полковник Эрнест Суинтон (Ernest

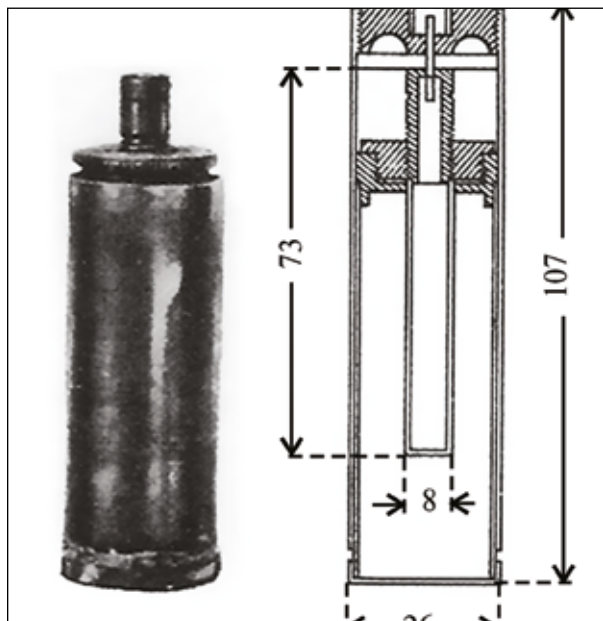


Рисунок 2 — Первое химическое оружие Первой мировой войны — французская 26-мм ружейная граната образца 1912 г. Вмещала 13 см³ этилбромацетата. Граната применялась на Западном фронте уже в 1914 г. [15]

Dunlop Swinton, 1868–1951)⁹. Но только в 1916 г. она окончательно выкристаллизовалась в виде танка [2, 18]. Германские военные надеялись «выкурить»¹⁰ противника из внутренних пространных укреплений — такую задачу мог решить только затекающий в них раздражающий газ. Эту идею, по их утверждению, им подсказали французские военные, использовавшие с начала войны 26-мм ружейную гранату с этилбромацетатом (см. рисунок 2), плотность пара которого превышала плотность воздуха почти в 6 раз [4]¹¹. Через два года оба подхода к прорыву укрепленной полосы противника столкнулись

⁸ Воюющие стороны считали, что тот, кто владеет Ипром (Фландрия), владеет и ключами к портам Ла-Манша. Союзники во время первого Ипра рассчитывали вернуть Лилль и через него выйти к Брюсселю. Цель германского наступления — овладеть Ипром, сбросить британцев в Ла-Манш и развернуться на юг с охватом Парижа с запада, как это предполагалось планом, составленным в 1904 г. начальником германского Генерального штаба Альфредом фон Шлиффеном (Alfred von Schlieffen, 1833–1913) [16].

⁹ В России идея гусеничной боевой машины с разнесенным многослойным бронированием была предложена военному министерству в 1914 г. конструктором А.А. Пороховщиковым (1892–1941). В 1915 г. был построен опытный образец машины. Однако до серийного производства она не была доведена из-за несовершенства конструкции.

¹⁰ На этом этапе войны именно «выкурить», а не «отравить» [4].

¹¹ «Позиционная война» началась в силу обычных тактических причин. После отступления от Марны, где в сентябре 1914 г. немцы потерпели поражение, чтобы удержать позицию на рубеже реки Эн они рыли окопы для пехоты и укрытия орудий. Когда союзники пошли на фронтальный штурм этих позиций, то попали под артиллерийский огонь обороняющихся и по германскому примеру сами стали рыть окопы (сражение при реке Эн, 12–15.09.1914 г.). Тогда союзники попытались охватить позиции немцев с помощью фланговых атак, но убедились, что противник хорошо укрепил и фланги. Последовала команда: «Окопаться». Линии траншей с той и другой стороны стали медленно ползти сначала в направлении на север и к западу, пока не достигли побережья («Бег к морю»); потом на восток и на юг до границы со Швейцарией [16].

между собой в сражении у французского города Камбре (ноябрь 1917 г.)¹².

Первый шаг к массовой артиллерийской химической стрельбе (артхимстрельбе), предназначенной для поддержки наступательных действий пехоты, сделан немцами при взятии деревни Нев-Шапель 27 октября, т.е. еще во время первого Ипра¹³. По деревне было выпущено 3 тыс. 10,5 см шрапнельных гаубичных снарядов — шрапнель «Ni» («Nernst Ni-Shrapnel» или «ni-shells»). Снаряд «Ni» разработан основателем физической химии и будущим лауреатом Нобелевской премии (1921), профессором Вальтером Нернстом (Walther Nernst, 1864–1941), сотрудником Института физической химии и электрохимии кайзера Вильгельма (Kaiser Wilhelm Institute for Physical Chemistry). Он не включал оригинальных для артиллерийских снарядов технических решений: обыкновенный шрапнельный снаряд, содержащий, кроме выбрасывающего порохового заряда и сферических пуль, некоторое количество дианидизина¹⁴. При взрыве порохового заряда шрапнель разлеталась, нанося физические повреждения противнику, спрессованный с ней дианидизин распылялся в воздухе в виде пыли, вызывая сильное жжение глаз, носоглотки и чихание. В результате обстрела шрапнелью «Ni» на короткое время британские позиции в Нев-Шапели погрузились в густое темно-серое облако пыли, из которого выделялась лишь колокольня местной церкви. Германская пехота ворвалась в деревню, не встретив сопротивления со стороны противника [4, 5].

На фоне обоюдной бойни октября 1914 г. захват Нев-Шапели был незначительным успехом германской армии. Немцы больше такие снаряды не применяли по причине кратковременности действия на противника, а о самом факте применения химических снарядов под Нев-Шапелью стало известно только после войны из работ немецких авторов. Анализ же результатов первой архимстрельбы позволил германским военным сформулировать тактические требования к химическим снарядам. В соответствии с ними действие химических снарядов должно достигать такой длительности, при которой противник «будет вынужден покинуть обстрелянные территории и длительное время держаться вдали от них». Пока от таких снарядов не требовалось вызвать смертельное отравление солдат противника [4, 11].

Профессору Гансу фон Таппену (Hans von Tarpen) удалось сконструировать 15-см гаубичный осколочно-химический снаряд, названный «черная граната Т» («T-granate»), который, как сначала думали, соответствовал всем этим требованиям. Его снаряжали смесью бромистого ксилита и бромистого ксилена — лакриматоров, близких друг другу по физическим и химическим свойствам. Поражение глаз парами этих ОВ было очень болезненным. Те, кто испытал их действие на себе, описывали свои ощущения как «удар хлыстом по глазам». Снаряд «Т» при взрыве давал до 600 осколочных элементов вместо 800 у снаряда осколочного действия такого же калибра. Этот его недостаток компенсировался одновременным выпуском осколочных снарядов в соотношении на 10 химических 1 осколочный. Летом раздражающее действие диспергированного им ОВ на лесистой местности сохранялось до 24 ч; в убежищах — до двух суток [5, 15] (рисунок 3).

Но новые снаряды еще надо было научиться применять на поле боя. Плотность паров бромистого ксилита и бромистого ксилена в 6,4 раза больше, чем у воздуха, что должно было обеспечить стойкое и длительное удержание паров ОВ на местности. Первое боевое применение «черной гранаты Т» во время ложного германского наступления 31 января 1915 г. на Восточном фронте под городом Болимов (Царство Польское) показало их неэффективность. Причиной неудачи обстрела русских позиций «черной гранатой Т» стала низкая температура атмосферного воздуха. Летучесть бромистого ксилита и бромистого ксилена оказалась в этих условиях недостаточной для создания концентраций их паров, при которых возможно достижение боевого эффекта.

В апреле 1915 г. германские химики работали так называемую «зеленую гранату Т» («T-granate grün») для применения в холодное время года. Половину объема ОВ гранаты составлял лакриматор бромацетон¹⁵, имеющий более низкую температуру кипения, чем бромистый ксилит ($t_{\text{кип}} = 138$ и 200 °С соответственно). При температуре ниже 0 °С действие «зеленой гранаты Т» оказалось «достаточным» для кратковременного выведения солдат противника из строя. При температуре выше 0 °С действие «зеленой гранаты Т» на противника было сильнее, чем у «черной гранаты Т». [4].

¹² См. далее «Химическая война на Западном фронте в 1917 г.» (в № 2 журнала).

¹³ Деревня расположена примерно в 25 км южнее Ипра.

¹⁴ Дианидизин используется в анилиноокрасочной промышленности, оказывает раздражающее действие на слизистую оболочку носа и глаз человека.

¹⁵ Другая половина — та же смесь бромистого ксилита и бромистого ксилена, что и в «черной гранате Т» [4].

В первой половине 1915 г. немецкие химики предложили для снаряжения снарядов Таппена еще две рецептуры: 1) лакримирующая — смесь бромацетона с бромметилэтилкетонем («снаряд В», «В-granate»); 2) удушающая — неразогнанная смесь монохлорметилового эфира хлоромуравьиной кислоты и дихлорметилового эфира хлоромуравьиной кислоты (палит) с метиловым эфиром хлорсульфоновой кислоты (снаряд «К», «К-granate») [4, 13]¹⁶.

Снаряды Таппена всех типов (В, К и Т) имели недостатки, снижающие эффективность применения ОВ, неустраиваемые в рамках их исходной конструкции:

- сила заряда бризантного взрывчатого вещества (ВВ) была избыточной по отношению к тому количеству ОВ, которое могло поместиться в снаряд. При взрыве происходило быстрое рассеивание облака паров ОВ продуктами детонации;

- снаряды оказались нетехнологичны в производстве, так как снаряжались жидкими ОВ, реагирующими с железом и сталью. Поэтому их химический заряд находился в специальных свинцовых или фарфоровых футлярах, которые могли быть помещены только в снарядные корпуса с привинчивающейся головной частью или дном;

- уменьшение объема снаряда за счет бризантного ВВ и вложенного футляра, наличие пустого пространства для расширения жидкого ОВ (~ 10 %) ограничивали объем ОВ;

- осадка футляра и колебания жидкости в снаряде при выстреле пушки нарушали его баллистику, отчего увеличивалось их рассеивание при обстреле цели; наблюдались даже случаи, когда снаряды Таппена, кувыряясь, падали в собственные окопы.

По этим причинам боевая эффективность снарядов Таппена оказалась низкой. Кроме несовершенства самих химических снарядов, в 1915 г. существовали и другие препятствия на пути к эффективной артхимстрельбе:

- количество орудий крупного калибра у немцев было ограничено — не более одной батареи тяжелых гаубиц/км фронта (у союзников их тогда почти не было), централизованного управления артиллерийским огнем не существовало, действительный прицельный огонь артиллерии мог вестись в глубину обороны противника только на 2–3 км, поэтому достичь

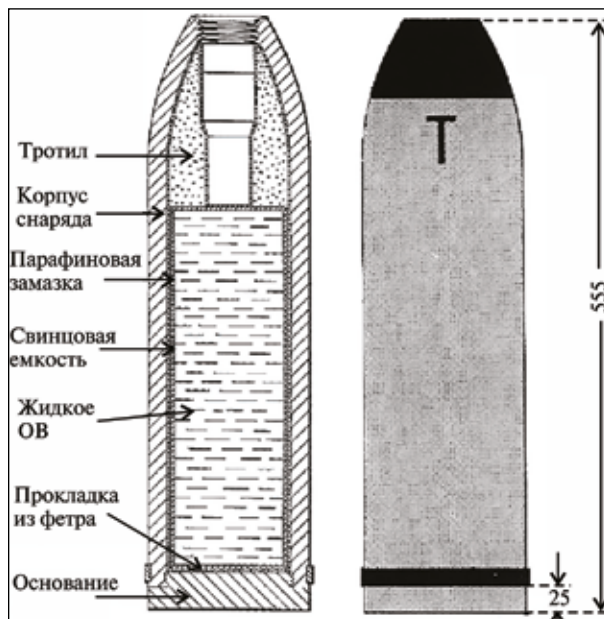


Рисунок 3 — Германский снаряд «Т» [15]
(масса снаряда 41,7 кг, ВВ — 1,5 кг (тротил), ОВ — 2,3 л. Взрыватель Gr. Z. 04 — контактный безопасного типа с двойной установкой (с задержкой примерно 1 с или без нее). Считался одним из самых удачных германских взрывателей начального периода Первой мировой войны. Черное кольцо в нижней части снаряда означает, что ОВ находится в фарфоровом цилиндре. Головная часть снаряда имела черный, зеленый или желтый цвет в зависимости от снаряжения ОВ. Максимальная дальность стрельбы таким снарядом из длинноствольной гаубицы примерно 9,5 км [4, 19])

массированного применения ОВ артхимстрельбой и гибко управлять ею во время боя, было невозможно;

- химическая промышленность воюющих стран не производила ОВ, обладающих высокой боевой эффективностью в тех концентрациях пара, которое можно создать на поле боя применением артиллерии [4, 13].

Но какими бы недостатками не обладали химические снаряды Таппена, ими уже можно было воевать — осуществлять артхимподдержку газопусков (подавление огневых точек противника на возвышенностях и на флангах газовой волны), сковывать действия противника в местах сосредоточения для атаки, вести контрбатарейную борьбу, подавлять пулеметные точки и др.

¹⁶ Оба этих снаряда положили начало альтернативным типам химических снарядов — оборонительному и наступательному. «Снаряд К» по продолжительности действия уступал «снаряду Т», но оказывал более сильное раздражающее действие на дыхательные пути. Его считают предтечей фосгенного снаряда, применявшегося в наступательных целях. «Снаряд В» создавал стойкое заражение местности. При благоприятных метеорологических условиях распыленное им ОВ оказывало инкапситулирующее действие на противника в течение суток и более. По сути, он оказался предтечей ипритных снарядов, использовавшихся с июля 1917 г. в основном при обороне и для создания ипритных заражений на флангах наступающих войск [4].

Начало химической войны. К январю 1915 г. линия фронта на Западе застыла от Ньюпорта на побережье Ла-Манша до Бельфора на границе со Швейцарией. Стабилизация фронта изменила характер войны, приблизив ее по форме к крепостной войне¹⁷. Отсутствие перспективы быстрого разгрома противника на Западном фронте привело германское главное командование к выводу, что основной стратегической задачей на 1915 г. должен быть разгром российских вооруженных сил. Германское военное руководство считало, что у России и Германии нет таких непримиримых противоречий, какие у Германии имелись с Британией и Францией. Поэтому задача вывести Россию из войны, подтолкнув ее военным путем к заключению сепаратного мира, считалась ими вполне решаемой. После заключения сепаратного мира на Востоке на германских условиях, германские вооруженные силы должны были быть переброшены на Западный фронт для нанесения поражения франко-британским войскам. Одновременно от разгрома спасался их проблемный австро-венгерский союзник [2, 17].

Вывод России из войны предполагалось осуществить, прорвав оборону русской армии последовательными фланговыми ударами из Восточной Пруссии и Галиции, а затем, окружив в Варшавском выступе ее основные силы, заставить их капитулировать. Первым из таких ударов было наступление 8-й германской армии (командующий Отто фон Белов; Otto von Below, 1857–1944) и 10-й германской армии (командующий Герман фон Эйхгорн; Hermann von Eichhorn, 1848–1918) из района Мазурских озер (северо-восток современной Польши) на позиции 10-й русской армии (командующий генерал от инфантерии Ф.В. Сиверс, 1853–не ранее 1920 г.) в Восточной Пруссии, оборонявшейся на участке фронта протяженностью 170 км. После чего предусматривался прорыв всего Северо-Западного фронта русских войск (с 17 марта 1915 г. войсками фронта командовал генерал от инфантерии М.В. Алексеев, 1857–1918)¹⁸.

Чтобы создать у Ставки впечатление подготовки германского наступления в центральной части Царства Польского, 31 января 1915 г. 9-я германская армия нанесла мощный отвлекающий удар по русским позициям в районе

Болимова, занимающего ключевое положение на Варшавском выступе (выход на железную дорогу Лодзь–Варшава и шоссе). Наступление началось с обстрела русских позиций химическими снарядами Таппена (всего выпущено 18 тыс. снарядов, что составляло ~72 т смеси бромистого ксилита и бромистого ксилитена).

Немецкое командование с величайшим интересом ожидало результатов этого обстрела. Генерал-квартирмейстер штаба главнокомандующего Восточным фронтом Макс Гофман (Maximilian Hoffmann, 1869–1927) забрался на колокольню в Болимове, чтобы наблюдать за поголовным удушением русских, обещанным ему химиками в Берлине. Результаты обстрела химическими снарядами Гофмана разочаровали (см. выше). Скромным оказался и тактический успех наступления под Болимовом. Однако немцы без противодействия со стороны русской армии развернули 8-ю и 10-ю армии по обе стороны Мазурских озер и 7 февраля начали наступление. Применение химических снарядов в этом сражении имело характер демонстрации серьезных германских намерений под Болимовом, позволившей достичь оперативной цели в районе Мазурских озер — нанести поражение 10-й русской армии и получить выгодные позиционные преимущества, необходимые для окружения с северо-востока русских войск на Варшавском выступе [21].

Пока на Востоке еще шла маневренная война, на Западе стороны искали пути к преодолению позиционного тупика. Британцы возлагали большие надежды на тактику «глубокого прорыва» с помощью создания «огневого вала» впереди наступающей пехоты. Утром 10 марта 1915 г. после внезапной 35-минутной мощной артиллерийской подготовки из 340 орудий они предприняли наступление двумя армейскими корпусами 1-й армии (40 тыс. человек) у деревни Нев-Шапель с целью прорыва 3 км германского фронта и захвата хребта Оберст Ридж. Двигаясь за «огневым валом», индийские части британских экспедиционных сил вернули руины Нев-Шапели и прорвали первую линию германской обороны по фронту 180 м, но немцы контратаками резервов из глубины обороны и артиллерийским огнем закрыли образовавшуюся брешь. «Глубокий прорыв» не удался, «эксперимент» обошелся сторонам примерно

¹⁷ Основные черты такой войны даже в самые спокойные периоды между сражениями: вплотную сдвинувшиеся фронты; продвижения сапами; минная борьба; непрерывная артиллерийская, минометная и бомбовая бомбардировка; снайперская борьба; частые атаки и контратаки; постоянные поиски разведывательных групп и как нововведение Первой мировой войны — газобаллонные пуски. Сами сражения являлись своего рода штурмом части крепостных сооружений противника, которые протянулись через всю территорию государства [20].

¹⁸ В исторической литературе эта операция описывается под названиями «Августовская операция», «Мазурское сражение», «Восточно-прусская операция», «Зимнее сражение в Мазурии».

по 13 тыс. убитых, раненных и пропавших без вести [2, 14]¹⁹.

Немцы отработывали свою тактику выхода из позиционного тупика. Благодаря настойчивости профессора Фрица Габера (Fritz Haber, 1864–1943), директора Института физической химии и электрохимии кайзера Вильгельма и будущего лауреата Нобелевской премии по химии (1918), идею продолжения химической войны после неудачи под Болимовом удалось отстоять, изменив способ применения ОВ. Начальнику Генерального штаба действующей армии Эриху фон Фалькенхайну (Erich von Falkenhayn, 1861–1922) импонировало предложение Габера уже тем, что доставить ОВ на позиции противника можно было не артиллерийскими снарядами, заготовок которых неожиданно оказалось мало, а силой ветра. Габер и Фалькенхайн полагали, что Франция, применив ружейную гранату с этилбромацетатом (см. рисунок 2), еще в начале войны нарушила взятые на себя в Гааге обязательства не применять ОВ на поле боя, поэтому с правовой точки зрения свои действия они считали безукоризненными. С конца января 1915 г. германские военные под руководством Габера начали подготовку к операции под названием «Дезинфекция» на так называемом Ипрском выступе. В качестве ОВ предполагалось использовать хлор [4, 15]²⁰.

Второй Ипр. Первый Ипр послужил толчком к поиску путей преодоления позиционного тупика, второй — одним из вариантов его преодоления. Ипрский выступ образовался в результате «продавливания» немцами британских позиций осенью 1914 г. севернее и южнее Ипра. В апреле 1915 г. он представлял собой изгиб, который от Изерского канала (северная часть выступа) выдвигался к востоку от Ипра на глубину 13 км. С юга выступ ограничивался высотой 60, занятой

британцами 17 марта. Длина фронтовой линии, охватывающей выступ, составляла 27 км. Местность в северо-восточном «углу» выступа была равнинной; восточнее, южнее и ближе к Ипру пересеклась возвышенностями, которые британцы называли «хребтами». В его восточной части расположен простирающийся с запада на восток хребет Маузер. В восточной части хребта располагался лес Китченера (игра слов «Bois des Cuisiniers»). С вершины хребта Маузер просматривалась местность на юг и на запад в направлении Ипра, а обратные склоны предоставляли укрытие для войск в пространстве между вершиной хребта и другой возвышенностью, называемой хребет Пилькем. Они обеспечивали легкий маршрут выдвижения войск к каналу Изер, который охватывал Ипр с запада. С точки зрения союзников потеря хребта Маузер означала потерю Ипра, но тогда неясно было, где можно остановить наступление немцев на пути к Ла-Маншу [16].

У германского главного командования имелись другие планы в отношении Ипрского выступа, не столь прямолинейные, какими они виделись союзникам, но более масштабные [17, 18]:

- в *оперативном* замысле бои за «срезывание» Ипрского выступа рассматривались как имитация реализации плана Шлиффена, маскирующая сосредоточение между верхней Вислой и Карпатами 18 германских и австро-венгерских дивизий и 1500 орудий, предназначенных для прорыва, удерживаемого 5 дивизиями русского фронта под Горлицей (юг Польши). Одновременными ударами из Галиции и Восточной Пруссии²¹ предполагалось окружить и уничтожить в Варшавском выступе основные силы русской армии и вывести Россию из войны;

- в *тактическом* — упреждающий контрудар по готовящимся к наступлению войскам союзников²².

¹⁹ В отличие от британской и германской военной мысли, французская в начале 1915 г. оставалась бесплодной, проявив себя неудачными фронтальными ударами пехоты на подготовленные германские позиции в сражениях в Артуа, на реке Эн и в Шампани. Людей никто не щадил. Но практические же результаты у тех и других были сходными. По этому поводу Лиддел Гарт заметил: «Основная цель заключалась в создании средства против пулемета, который в союзе с колючей проволокой привел военные действия к застою, а военное искусство к вырождению» [18]. Следовательно, нужен был некий «лом», способный пробивать первую полосу обороны противника при фронтальном ударе (открытых флангов с ноября 1914 г. не было, поэтому все удары могли быть только фронтальными). И уже на основе возможностей его применения разрабатывать новые приемы ведения боевых действий и развивать военное искусство. В 1915 г. в качестве такого «лома» стало применяться химическое оружие (Ипр, 22 апреля, немцы), в 1916 г. — танки (Сомма, 15 сентября, британцы).

²⁰ Хлор менее токсичен, чем этилбромацетат (о чем после войны немцы не забывали напоминать, когда их обвиняли в развязывании химической войны) и только в 2,5 раза тяжелее воздуха. Но его можно было производить из доступного сырья (поваренная соль) на существующих химических предприятиях и применять в больших количествах для решения тактических задач. Хлор не застаивается на участке, по которому был выпущен, а это значит, что вслед за движущимся облаком хлора может наступать пехота [4, 22].

²¹ Мазурское сражение было первым из серии таких ударов.

²² Немцам стало известно, что союзники после мартовской неудачи под Нев-Шапелью (см. выше) готовят новый прорыв их позиций в начале мая, германская газобаллонная атака 22 апреля заставила их отказаться от этого плана [16].

Фалькенхайн «сузил» задачу командующему 4-й армией генерал-полковнику герцогу Альбрехту Вюртенбергскому (Albrecht von Württemberg, 1865–1939) до тактической. Ему предписывалось «срезать выступ», насколько это будет возможно, и одновременно провести испытание пользующегося у германских военных сомнительной репутацией нового вида оружия. Так как дальнейшее развитие наступления не предполагалось, Фалькенхайн оставил без удовлетворения просьбу герцога о поставках дополнительного количества боеприпасов²³.

Газовые баллоны были установлены на северо-восточном участке Ипрского выступа, где местность была открытой и проходимой для войск, и постепенно понижалась в сторону Ипрского канала. Со стороны союзников немцам противостояли две французские дивизии (45-я алжирская и 87-я Национальной гвардии), к их левому флангу примыкала 1-я канадская дивизия 2-й британской армии (командующий Г. Смит-Дорриен; Horace Smith-Dorrien, 1858–1930). На фронте атаки в 6 км было установлено 6 тыс. баллонов с хлором²⁴, собранных в газовые батареи по 20 баллонов в каждой. Газопуск проведен 22 апреля в 17 ч (по британскому времени) после 3-дневного ожесточенного артиллерийского обстрела позиций союзников. Выпущено 180 т хлора. Пехоте поставлена задача следовать за газовой волной и захватить возвышенность Пилькем и местности к западу от нее. Газопуску предшествовала интенсивная артиллерийская подготовка из тяжелых гаубиц. По флангам позиций, накрытых облаком хлора, велся интенсивный артиллерийский огонь с применением химических снарядов [1].

Для французских частей газопуск обернулся катастрофой. Фронт перестал существовать в полосе 8 км с минимальными потерями для германской стороны, не шедшими в сравнение с «ценой», уплаченной британцами месяц назад за 180 м первой линии германской обороны под Нев-Шапелью. Хлором было отравлено не менее 15 тыс. человек, из

них умерли около 5 тыс. Захвачены две линии обороны и вся артиллерия (24 орудия). Немецкие части окопались на южном скате хребта Пилькем, захватили лес Китченера и хребет Маузер. Таким образом, к концу дня 22 апреля северная треть выступа была германцами отсечена от Ипра, южная простреливалась прицельным артиллерийским огнем. С утра 23 апреля германская артиллерия вела обстрел уже всего выступа, оставшегося под контролем союзников. Дальнейшая оборона выступа была невозможной. Однако по политическим и эмоциональным причинам бои за отдельные высоты возобновились на следующий день после газобаллонной атаки и продолжались до 28 мая. По окончании боев новый Ипрский выступ уже был полукругом глубиной около 4,8 км [14, 16] (рисунок 4)²⁵.

Контрастом к прежним операциям по прорыву обороны противника стали тяжелые потери обороняющихся. Потери британских экспедиционных сил убитыми, ранеными и пропавшими без вести составили 59275 человек, что почти в два раза больше, чем потеряли атаковавшие их немцы (34933 человека) [16]. Причина высоких потерь британцев — не в действии хлора, а в неправильном понимании общего замысла противника на это сражение.

Британцы считали, что немцы, прорвав с помощью газопуска фронт и захватив высоты севернее, восточнее и южнее Ипра (высота 60), немедленно начнут реализацию плана Шлиффена. Поэтому вместо того, чтобы отойти на позиции, подготовленные к западу от Изерского канала, они при отсутствии тяжелой артиллерии и пассивном поведении основного союзника²⁶ жертвенно сражались за каждый холм и контратаковали, не считаясь с потерями. Немцы же, умело используя тактические выгоды, полученные на Ипрском выступе по результатам первого газопуска, «перемалывали» британский экспедиционный корпус и одновременно готовили стратегический разгром противника на Восточном фронте²⁷.

²³ Выделение резервов главным командованием для 4-й германской армии не было проведено ни перед газовой атакой, ни в ходе последовавших за ней боев [1].

²⁴ Всего к 22 апреля 1916 г. германской армией было заготовлено 26 тыс. баллонов с жидким хлором [1].

²⁵ По крайней мере, еще трижды немцы осуществляли газопуски на Ипрском выступе. Масштабный газопуск и артиллерийский обстрел 24 апреля с последующей атакой германской пехоты на позиции 2-й канадской бригады, расположенной на острие их вклинения в германские позиции, вынудил канадцев оставить свои позиции. Через двое суток, 26 апреля, немцами осуществлен газопуск перед хребтом Маузер по штурмовавшим его французским частям, сразу же откатившимися назад. 5 мая проведен газопуск по позициям британских частей, защищавших высоту 60. Газовая атака сопровождалась артиллерийским обстрелом и атакой германской пехоты, в результате британцы оставили высоту [16].

²⁶ Бежав с поля боя 22 апреля на западный берег Изерского канала, французы на Ипрском выступе не появлялись до конца сражения за исключением 26 апреля, когда снова были атакованы хлором [16].

²⁷ После войны в ряде исследований высказывалось предположение, что введи немцы несколько корпусов в образовавшуюся 8 км брешь на фронте под Ипром, то тактический успех можно было превратить в оператив-

Болимовский сектор. В рамках операции германцев по окружению русской армии в Варшавском выступе германское командование организовало газобаллонное нападение на русские войска в районе Болимова у Воли Шидловской. Тактический замысел газопуска заключался в следующем — Болимовский сектор²⁸, против которого предполагалось произвести атаку, в случае его полного взятия под контроль германскими силами открывал им выход на кратчайшие железнодорожные и шоссейные пути к Варшаве (рисунок 5).

Анализ конфигурации германских войск на варшавском выступе перед газопуском позволяет сделать предположение, что первоначальный замысел германского командования был более масштабным, чем захват Болимовского сектора. Немцы перед газовой атакой не сосредоточили в районе Болимова сил, позволявших после прорыва русской обороны развить наступление на оперативную глубину. Их основные силы были сконцентрированы в 60–70 км от Болимова на северо-востоке — группа генерала Макса фон Гальвица (Max Karl Wilhelm von Gallwitz, 1852–1937); и 70–80 км на юго-востоке от Болимова — группа генерала Мартина фон Войрша (Martin Wilhelm Remus von Woysch, 1847–1920). Устанавливать же 12 тыс. газовых баллонов на линии в 12 км только для демонстрационного газопуска — идея сомнительная.

Первоначальной целью готовящегося газобаллонного нападения, скорее всего, было осуществление плана «Малых Канн», разработанного Фалькенгайном. В соответствии с ним наступающие германские войска должны были соединиться у Седлеца. Для этого на северном фланге фронта задействовалась сильная группа Гальвица. Ей предписывалось в минимальные сроки смять русских ударом с севера на юг, форсировать реку Нарев и выйти в русский тыл на средней Висле [23]. Встречный по отношению к наступающей группе Гальвица удар 9-й армии (командующий принц Леопольд Баварский; Leopold Maximilian Joseph Maria Arnulf von Wittelsbach, 1846–1930), нанесенный в Болимовском секторе после газопуска, должен был сковать наиболее плотную на этом участке фронта оборону 2-й русской армии

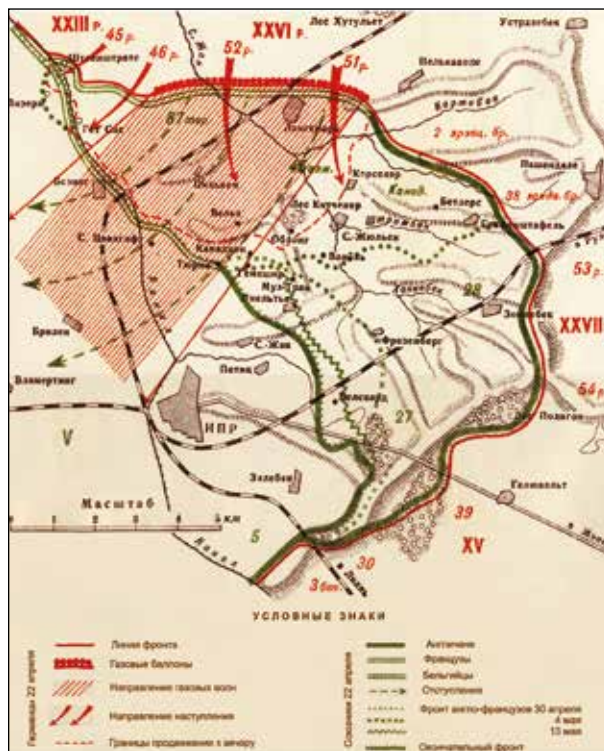


Рисунок 4 — Ипрский выступ до газобаллонной атаки 22 апреля 1915 г. и новый выступ, сформировавшийся в начале мая [1]

(командующий генерал от инфантерии В.В. Смирнов, 1849–1918) и нанести ей максимально возможные потери в личном составе. Тем самым командование Северо-Западного фронта ставилось в условия, при которых оно не могло перебросить войска навстречу группе Гальвица. Успешность газопуска под бельгийским Ипром не давала основания германскому главному командованию сомневаться в его успехе под Болимовом, тем более, что масштаб газопуска был увеличен вдвое.

У главнокомандующего германскими войсками на Восточном фронте Пауля Гинденбурга (Paul Ludwig Hans von Hindenburg, 1847–1934) и начальника его штаба Эриха Людендорфа (Erich Friedrich Wilhelm Ludendorff, 1865–1937) имелся свой план окружения русских сил — «Большие Канны»²⁹, противоположный плану Фалькенгайма, предпочитавшего «синицу в руке

ный [1] и даже завершить летом войну поражением союзников [4, 9, 16, 18]. Его мы рассмотрим при анализе последствий применения химического оружия во время наступательных операций весны 1918 г. (см. «Итоги применения химического оружия в Первую мировую войну») (в № 3 журнала).

²⁸ Болимовский сектор обороняли 14-я Сибирская стрелковая дивизия и 55-я пехотная дивизия [1].

²⁹ В военной терминологии германских полководцев того времени понятие «Канны» означало образец военной мысли, символ победы над численно превосходящим противником путем окружения и последующего уничтожения его основных сил. Битва при Каннах — крупнейшее сражение Второй Пунической войны, произошедшее между войсками карфагенского полководца Ганнибала и римлянами 2 августа 216 г. до н.э. около города Канны на юго-востоке Аппенинского полуострова. Римская армия была разгромлена. План по разгрому Франции и России составлялся Шлиффеном на основе переосмысления плана Ганнибала на сражение под Каннами. Он переносил

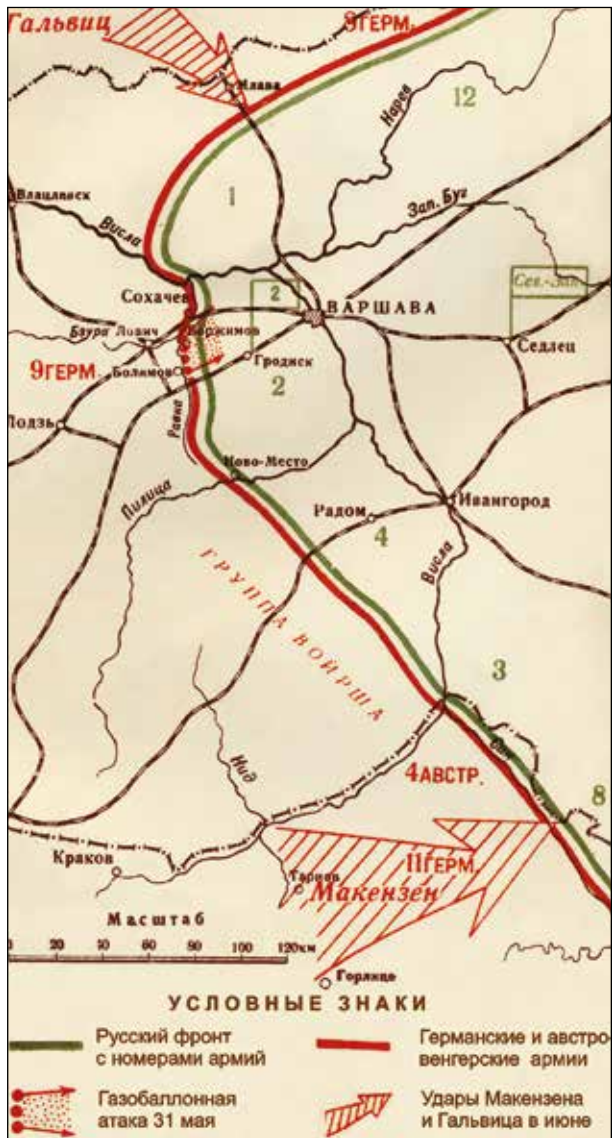


Рисунок 5 — Общее положение Восточного фронта перед первой газобаллонной атакой германцев [1]

журавлю в небе». По их замыслу все 7 армий русского Северо-Западного фронта не должны выйти из Польши. Фалькенгайн же считал, что для успешного осуществления операции таких масштабов на Восточном фронте у Германии нет сил, и что две фланговые атаки, разделенные шестью сотнями километров, невозможно координировать. Однако Гинденбург³⁰ через его голову сумел убедить кайзера в необходимости наступления не на Седлец, а на Осовец и Гродно, так что «Малые Канны» не состоялись [23]³¹. Уже оборудованную для газопуска позицию использовали так, как это было возможно в сложившихся условиях — для отвлечения внимания русского командования от готовящегося удара под Горлицей³².

В 3 ч 20 мин 31.05.1915 г. германцы открыли вентили газовых батарей. Газопуск сопровождался ураганным ружейно-пулеметным огнем и сильным артиллерийским обстрелом русских позиций. Местность в расположении русских войск была равнинной, почти без лесов, что благоприятствовало распространению облака хлора на большое расстояние. Около 4 ч при поддержке артиллерийского химического огня германская пехота пошла в наступление, рассчитывая на то, что, как под Ипром, в окопах они застанут мертвого или умирающего противника. Но несмотря на вывод из строя 75 % личного состава первой русской линии обороны, германскую пехоту встретил плотный прицельный огонь оставшихся в живых защитников. В 5 ч по атакующим германским цепям и артиллерийским батареям открыла огонь русская артиллерия. Все 13 атак, предпринятые германцами на разных участках Болимовского сектора в течение этого дня, не обеспечили развития их наступления до размеров тактического прорыва. Не было и переброски русских войск в Болимовский сектор с других участков фронта. Потери русских войск от хлора составили не менее 9 тыс. бойцов, из них умерли 1183;

сил решение боя и операции на фланги. Охват и обход должны были стать основными формами наступательных действий, но фронт в конце 1914 г. стал сплошным и флангов не оказалось.

³⁰ Гинденбург, Людендорф и Гофман возглавляли ту часть германских высокопоставленных военных, которая была в оппозиции Фалькенгайну. Гинденбург имел возможность не подчиняться Фалькенгайну еще и потому, что был старше его по званию — 27.11.1914 г. он стал генерал-фельдмаршалом. Фалькенгайн оставался генералом от инфантерии до выхода в запас в конце войны.

³¹ Фалькенгайну также пришлось покинуть пост военного министра Пруссии и продолжить службу на должности начальника Генерального штаба.

³² Благодаря своевременному отходу русских войск с Варшавского выступа, не состоялись и «Большие Канны». Осторожности Фалькенгайну придавало хорошее знание истории похода Наполеона на Москву. Он считал, что германское продвижение вглубь русской территории приведет к тем же результатам вне зависимости от состояния русской армии. Исход войны должен был быть решен на Западном фронте [25]. Осторожность погубила карьеру Фалькенгайна в следующем году. После Брусиловского наступления кайзер снял его с должности начальника Генерального штаба, так как в германских военных кругах считали, что нерешительность Фалькенгайна в 1915 г. способствовала возрождению военной мощи России в 1916 г. Его отправили на Восточный фронт в подчинение Гофману командовать 9-й армией, исправлять положение [2].

потери от стрелкового и артиллерийского огня противника — 116 бойцов. Но это был единственный результат германского наступления. Немцы после войны нескромно называли свое неудачное отвлекающее наступление удачным экспериментом по проведению газобаллонной атаки [1, 4]³³.

Второго мая между средней Вислой и Карпатами, в районе Горлицы, началась наступательная операция германо-австро-венгерских войск, приведшая к разгрому 3-й русской армии (командующий генерал от артиллерии Н.И. Иванов, 1851–1919) и прорыву юго-западного фронта на глубину 40 км. Были сведены на нет успехи фронта в кампании 1914 г. и в Карпатской операции (07.01–02.04.1915). Понеся большие потери, части 3-й русской армии к 15 мая отошли на линию Ново-Място–Сандомир–Перемышль–Стрый, где перешли к обороне³⁴. Ухудшающаяся обстановка на фронте вынудила Ставку 5 июля принять решение о дальнейшем отводе русских войск с Варшавского выступа на линию Ломжа–Верхний Нарев–Брест Литовск–Ковель [26].

Штурм крепости Осовец. Наиболее важной целью для германского химического оружия во второй половине 1915 г. была русская пограничная крепость Осовец (комендант генерал-майор Н.А. Бржозовский, 1857–не ранее 1920). Ее строительство началось в 1882 г. В 1915 г. крепость представляла собой систему соединенных между собой траншеями 4 фортов в излучине реки Бобр. Крепость запирала Граево-Брестскую железную дорогу и тем самым преграждала противнику путь к стратегическому белостокскому железнодорожному узлу, одновременно являясь удобным плацдармом для наступления в Восточную Пруссию [27]. Немцы пытались захватить крепость дважды: в сентябре 1914 г. — обстрел велся орудиями до 203 мм; и в начале февраля 1915 г. — крепость выдержала обстрел из орудий калибра 420 мм³⁵. К началу третьего штурма крепость прикрыва-

ла 50-километровый разрыв между 10-й (командующий генерал от инфантерии Е.А. Радкевич, 1851–1930) и 11-й (командующий генерал от инфантерии Д.Г. Щербачев, 1857–1930) армиями [26].

Германская тактика третьего штурма крепости основывалась на применении химического оружия. Линия газопуска составляла 4 км. Хлор в смеси с бромом был выпущен из нескольких тысяч баллонов, собранных в газовые батареи. Вентили открыли в 4 ч утра 6 августа. Химическое нападение было хорошо продумано и подготовлено. Через 5–10 мин газ накрыл русские окопы и полностью цитадель крепости. Непосредственно над Осовцом ширина облака достигала 6 км, его высота — 12 м. Хлор проник во все, даже в закрытые помещения. Поражающая концентрация хлора по направлению ветра сохранилась на глубину 12 км, запах хлора чувствовался в 20 км от крепости. Газопуск сопровождался массированным артиллерийским обстрелом, включавшим химические снаряды. Под прикрытием этого огня густыми цепями пошла германская пехота (5, 18 и 76 ландверные полки). Однако второго Ипра в России вновь не получилось. Заградительный огонь русской артиллерии отделил ворвавшихся на позиции крепости германцев от резервов (75-й ландверный полк). Оставшиеся в живых пулеметчики и бойцы, подошедшие из цитадели крепости³⁶, восстановили положение к 11 ч дня. Германское наступление на Осовец вновь провалилось. В период с 18 по 22 августа гарнизон крепости был эвакуирован в рамках общего стратегического отхода русских войск из Польши и Галиции на восток, уцелевшие укрепления взорваны. Немцы вошли в крепость 25 августа [1].

Сражение при Лоосе. Британские и французские военные, испытав на себе действие хлора под Ипром, летом 1915 г. приступили к подготовке газопусков, надеясь с их помощью выйти из позиционного тупика. Из-за недостатка электрохимических заводов они обратились

³³ Позднее (в ночь на 7 июля) в этом же секторе фронта, на участке Суха-Воля Шидловская (9,5 км), против этих же частей была проведена еще одна газобаллонная атака, приведшая к большим потерям в русских войсках и отходу с некоторых участков первой линии обороны. На следующий день контратаками русские вернули свои прежние позиции [1]. А.А. Сыромятников утверждал, что тогда погибли еще не менее 5 тыс. русских солдат и офицеров, число отравленных достигло 25 тыс. человек [11]. По данным германских авторов, немцы из-за изменившегося направления ветра сами понесли большие потери от хлора [4].

³⁴ С целью введения в заблуждение Ставки относительно наступления в районе Горлицы 27 апреля из Восточной Пруссии немцы совершили кавалерийский рейд на Шавли (Шауляй), вскоре город был отбит, но главная цель рейда — отвлечение русских сил от Галиции — была достигнута [21].

³⁵ Орудие называлось «Большая Берта»: вес снаряда — 900 кг, дальность стрельбы — 14 км. Для взятия фортов Льежа (Бельгии) в августе 1914 г. потребовался один день обстрелов из «Большой Берты» [14].

³⁶ Речь идет о так называемой «атаке мертвецов», т.е. штыковой атаке 8-й, 13-й и 14-й роты 226-го Землянского полка, потерявших до 50 % личного состава газоотравленными. Их неожиданное появление там, где живых вообще не должно было остаться, настолько поразило немцев, что они не приняли боя и бросились назад, попав под огонь крепостной артиллерии [28].

с предложением закупить хлор к руководителям электрохимических заводов, построенных немцами еще до войны в Брешиа (Северная Италия). Австро-венгерская авиация немедленно эти заводы разбомбила, так что газобаллонные нападения союзников сдвинулись по времени: первое британское газобаллонное нападение состоялось 25 сентября 1915 г., французское — в феврале следующего года [4].

Участком фронта, на котором главнокомандующий французской армии маршал Жоффр (Joseph Jacques Césaire Joffre; 1852–1931) планировал в сентябре 1915 г. наступление, был так называемый Нуайонский выступ — изгиб французской линии обороны в западном направлении, вершина которого находилась в Нуайоне, всего лишь в 88 км от Парижа³⁷. Согласно его плану, четыре французские армии должны были его «срезать», наступая из Шампани в северном направлении; а 1-я британская и 10-я французская армии наступали с северо-востока³⁸.

В рамках этого наступления французский командующий группы «Север» генерал Фош (Ferdinand Foch; 1851–1929) предписал британцам к западу от Лооса захватить траншею противника протяженностью 1100 м и продвинуться дальше насколько возможно. Когда командующий 1-й британской армией генерал Хейг (Douglas Haig, 1861–1928) ознакомился с обстановкой на месте, он обнаружил, что продвигаться дальше первой траншеи невозможно, так как местность за ней не просматривалась, так что артиллерия не смогла бы поддержать атакующие британские части. Противник же хорошо укрепился и имел прекрасный обзор британских позиций. Во всей Северной Франции вряд ли можно было найти участок фронта, менее пригодный для наступления, чем отведенный французским командованием британцам под Лоосом. Хейг доложил свои опасения главнокомандующему британским экспедиционным корпусом фельдмаршалу Френчу (John Denton Pinkstone French, 1st Earl of Ypres; 1852–1925), тот пришел к такому же выводу. Френч и Хейг предложили Фошу другой вариант наступления британских сил, севернее — в направлении германских позиций на Мессинском

хребте (7 миль южнее Ипра). Но Фош оставил свое решение без изменений. По послевоенной британской версии событий ему было неважно, добьются ли британцы успехов под Лоосом или нет, и сколько их там поляжет, главное, чтобы немцы считали, что именно там началось настоящее наступление и «израсходовали» свои резервы до того, как французские войска начнут наступление южнее Ленса и в Шампани [16]³⁹.

Френч и Хейг обратились за поддержкой к британскому военному министру, лорду Китченеру (Horatio Herbert Kitchener, 1st Earl Kitchener; 1850–1916). Они были солдатами, а не политиками и не понимали политическую ситуацию, в которой тот находился. В правительственных кругах Франции и Великобритании в то время обсуждалась идея назначить верховного командующего силами Антанты на Западном театре военных действий. Лорд Китченер рассчитывал занять этот пост, поэтому ему требовалась лояльность основного союзника в этой войне. Он решил «подсластить пилюлю» Френчу и Хейгу, пообещав предоставить все необходимое для проведения в полосе британского наступления газопуска, не меньшего по масштабам, чем устроили германцы под Ипром в апреле. Для демонстрации эффективности нового оружия 22 августа им показали газопуск в полигонных условиях. Слишком преувеличенные рассказы о сокрушающих возможностях газобаллонной атаки вынудили британское командование на континенте изменить свое мнение в отношении места и времени предстоящей атаки [15, 18].

Предчувствуя катастрофу наступления, Хейг схватился за газопуск, как утопающий за соломинку. Исходя из того, что немцы снабжали своих пулеметчиков изолирующими кислородными приборами Дрегера, рассчитанными на 30 мин работы, он запланировал газопуск продолжительностью 40 мин. Для этого ему нужно было 12 тыс. баллонов с 360 т хлора. Китченер предоставил Хейгу только 5900 баллонов со 150 т хлора⁴⁰. Многие баллоны оказались неисправными, газовая арматура не обеспечивала герметичности соединений [15, 18].

Британским солдатам выдали противогаз — «Тампо Р», разработанный французским фармакологом Габриэлем Бертраном (Gabriel Bertran, 1867–1962). Благодаря пропитке гипосульфитом

³⁷ Ни в 1915 г., ни в 1916 г. союзники срезать «выступ» не смогли. Немцы сами его оставили в апреле 1917 г. в связи с отходом со старой линии фронта (Old front line) на заранее подготовленную Линию Гинденбурга.

³⁸ Лоос находится 15 км южнее Нев-Шапели. По плану Жоффра два мощных удара с двух удаленных друг от друга плацдармов — Артуа (Аррас–Ленс) и Шампани (Реймс–Аргоны), должны были сойтись в одной точке, охватив 1-ю и 2-ю германские армии [16]. Успешный прорыв одновременно в Шампани (осеннее сражение в Шампани) и Артуа (осеннее сражение в Артуа) должен был стать сигналом для общего наступления армий союзников на Западном фронте. Жоффр был убежден, что новое наступление заставит немцев отступить за Маас и закончит войну в 1915 г. [18].

³⁹ Немцы об этих планах знали и спешно строили вторую позицию в глубине обороны [16].

⁴⁰ Протяженность фронта газопуска в военно-исторической литературе мы не нашли. Судя по количеству использованных баллонов с жидким хлором, он не превышал 4,0–5,0 км.

натрия с касторовым маслом или рицинатом натрия, теоретически он должен был защитить их как от собственного хлора, так и от бромистого бензила, применяемого тогда немцами при обстрелах химическими снарядами [15].

Накануне дня, назначенного для газовой атаки, ветер постоянно менял свое направление. Но из-за требований скандального союзника, уже неделю изнашивавшего стволы 2 тыс. орудий, откладывать наступление было нельзя. После 4-суточной артиллерийской подготовки, 25 сентября, около 5 ч утра Хейг, измученный противоречивыми сообщениями о метеоситуации на фронте соприкосновения с немцами, попросил своего старшего помощника зажечь папиросу. Струйка дыма медленно потянулась в направлении противника и команда на газопуск была им отдана. Недостаток хлора британцы компенсировали дымовыми завесами, создаваемыми путем обстрела фосфорными минами⁴¹ из 81-мм минометов Стокса. Чтобы растянуть действие хлора на 40 мин, газопуск проводился волнами, т.е. баллоны не опорожнялись все сразу, а через определенные интервалы. В перерывах между выпусками газа поджигались дымовые шашки, в завершение газопуска британцы поставили дымовую завесу — первую на этой войне [18, 29].

Немцев газобаллонная атака британцев застала врасплох. Но хлор и дымовая завеса помогли только 47-й дивизии (корпус генерала Раулинсона: 47, 15 и 1 дивизии). В полосе ее наступления немцы, почувствовав запах хлора, бежали. Британцы смогли захватить вторую линию полосы обороны немцев и закрепиться. На остальных участках полосы наступления концентрация газа оказалась недостаточной, чтобы вывести из строя солдат противника; дымовая завеса — не настолько плотной, чтобы за ней спрятаться от пулеметов. Британцы не смогли пройти дальше первой линии полосы обороны. На левом фланге (корпус генерала Гауфа: 2, 7 и 9 дивизии) облако хлора медленно пошло в сторону противника, но ветер вдруг стих и облако «застыло» на нейтральной полосе. Солдаты с

той и другой стороны замерли в окопах, глядя на эту остановившуюся «рулетку смерти»; и она повернулась, «зеро» выпало британцам⁴². Дальше произошла ожидаемая Хейгом катастрофа [18].

Через 6,5 часов боя, когда британские дивизии были уже «израсходованы», южнее Ленса начали наступать 14 французских дивизий. Их немцы остановили пулеметным и артиллерийским огнем, не дав даже полностью развернуться в боевые порядки. В этот же день, закончив отстрел 3 млн снарядов в ходе семидневной артиллерийской подготовки, Фош начал наступление в Шампани 27 дивизиями по фронту 32 км⁴³. Наступление закончилось крахом на заранее подготовленной германцами второй линии обороны. Благодаря расположению на обратных скатах высот и в лесистой местности, она избежала артиллерийского огня. Британские и французские войска сумели продвинуться по фронту в 22 км на 3–4 км, на этом их наступление закончилось. Потери британцев достигли 60 тыс. человек убитыми, ранеными и пропавшими без вести; французы во фронтальных атаках в Шампани и южнее Ленса потеряли 192 тыс. бойцов. Немцы в обороне и контратаках потеряли 20 тыс. и 120 тыс. бойцов соответственно. Лорд Китченер не стал главнокомандующим силами Антанты, союзники уже не доверяли друг другу. Френч 8 декабря подал в отставку, Хейг был назначен на его место [17, 18]. Выйти с помощью газопуска из позиционного тупика не удалось и в этот раз.

Итоги применения химического оружия в 1915 г. Первые германские газобаллонные атаки на Западном и Восточном фронтах нанесли большие потери противнику благодаря их неожиданности, отсутствию у него индивидуальных средств защиты органов дыхания и глаз, удачному совмещению принципов массового применения ОВ и достижения максимальной концентрации газового облака. Успех газобаллонного нападения 22 апреля под Ипром дал толчок к дальнейшему развитию хими-

⁴¹ Что не удивительно. На начало химической войны (апрель 1915 г.) в Великобритании было только одно предприятие, производившее жидкий хлор. Его производительность не превышала одной тонны в сутки (во Франции таких предприятий не было ни одного). Видимо, Китченер предоставил Хейгу все, что смог найти в империи. Британцам до марта 1917 г. не удавалось организовать у себя и массовое производство химических снарядов. По возможности они их заменяли зажигательными или дымными. Дымовыми завесами горящего желтого фосфора достигались одновременно две цели: создавалась дымовая завеса, непроницаемая для глаз неприятельских пулеметчиков; попадая на кожу горящий фосфор, причинял мучительные ожоги, вынуждая пулеметчиков бросать оружие и сдаваться в плен. Всего под Лоосом из минометов Стокса было выпущено до 10 тыс. таких мин [15].

⁴² К тому же и «Тампо Р» оказался неэффективен. На этапы медицинской эвакуации отправлены 2650 британских солдат с разной степенью отравления хлором [15].

⁴³ В этом наступлении французы впервые применили свои химические снаряды, снаряженные хлористым сероуглеродом с исключительной целью «отквитаться». Но, как не без иронии заметили германские авторы Р. Ганслиан и Ф. Бергендорф: «Успех не соответствовал ожиданиям». После завершения наступления в Шампани от использования этих снарядов французская армия отказалась. Их переснарядили в зажигательные, растворив в сероуглероде желтый фосфор. При испарении растворителя ($t_{\text{кип}} = 46^\circ\text{C}$) фосфор остается в виде мелкого порошка, воспламеняющегося на воздухе, и немедленно поджигающего сероуглерод [4].

ческого оружия [22]. Газопуски первой половины 1915 г. и массированный химический обстрел русских позиций под Болимовом 31 января 1915 г. были частью успешно осуществленного многоходового стратегического замысла германского главного командования по дезинформации союзников (Горлицкий прорыв, Мазурское сражение, сражения за Варшавский выступ). Но сами газопуски приводили только к тактическому результату.

С лета 1915 г. немцы, а затем и союзники применяют химическое оружие более широко. В этот период ими начата разработка тактики применения отдельных видов химического оружия. Газобаллонный способ применения ОВ хорошо зарекомендовал себя при стабильном фронте и тесном соприкосновении с противником. Однако его подготовка занимала много времени, результат оставался трудно прогнозируемым. К тому же роза ветров на западном театре военных действий была неудобной для германцев. Поэтому немцы, а следом и союзники стали применять для химического нападения на расстоянии до 1 км от переднего края минометы, заполняя ОВ корпуса фугасных мин⁴⁴. В июне сформированный германцами минометный батальон провел успешную атаку французских позиций 25-см химическими минами под Невиль-Сен-Вааст; 4 августа химическими минами атакованы русские позиции между Ломжей и Остроленкой⁴⁵. Параллельно минометной химической стрельбе для поражения целей на дальности до 3–5 км развивалась тактика архимстрельбы. Анализ опыта применения снарядов Таппена, привел германских военных к пониманию того, что существенное отличие химической стрельбы от осколочной или фугасной заключается в большем пространственном эффекте и продолжительности воздействия обстрела на противника. Летом 1915 г. немцы продемонстрировали союзникам тактическое мастерство при применении снарядов типов «К» и «Т» в боях на линии фронта в Аргонском лесу [1, 4].

В тактику прорыва полосы обороны противника было добавлено использование нового боевого средства — химического оружия (газобаллонные батареи, архимснаряды, химические мины)⁴⁶. Газопуск растягивался по времени таким образом, чтобы вывести из строя противогазы противника. По окопам первой линии полосы

обороны применялись минометные мины в фугасном, химическом и зажигательном снаряжении. Одновременно велся массированный обстрел осколочно-химическими снарядами второй линии, артиллерийских позиций и возвышенностей, куда не проник газ, но могли оставаться пулеметчики⁴⁷. Для выведения из строя расчетов артиллерийских батарей уже не требовалась прежняя точность стрельбы. Вслед за газовой волной обычно пускали волну дыма, в которой шла пехота. Хлор, распространившийся в глубину обороны противника, препятствовал переброске резервов к району газовой атаки, включая армейские. Например, резервному полку из района сосредоточения до переднего края обороны надо было пройти в 5–8 км, что невозможно сделать в противогазах. Общая площадь, занимаемая отравленным воздухом, могла достигать несколько сот квадратных километров при глубине проникновения газовой волны до 30 км.

Параллельно с тактикой прорыва совершенствовалась и тактика обороны в условиях применения противником химического оружия. Обобщенный опыт газовой катастрофы под Ипром и отражение германских химических атак русскими войсками под Болимовом и Осовцом говорил в пользу усиления второй линии полосы обороны за счет первой, необходимости ее глубокого эшелонирования, и наличия защищенных от действия ОВ резервов. На фронтах воюющие стороны стали выделять так называемые газоопасные направления, вводить «газовую дисциплину» и «химическое обучение» войск, организовывать военно-метеорологические службы; появились первые противогазы, газобезопасные убежища, наставления по химической защите и др.

В июле 1915 г. начато формирование первых химических команд в Русской армии. На их основе в 1918 г. в Рабоче-крестьянской Красной армии (РККА) были созданы химические войска.

(Продолжение в номере 2)

Адрес для переписки:

Супотницкий Михаил Васильевич;
supotnitskij.m.v@gmail.com

⁴⁴ В послевоенной германской литературе их называли «минами первоначального периода». Они снаряжались ОВ инкапситурующего действия. Мины «В» — бромацетон; мины «С» — монохлорметилловый эфир хлормуравьиной кислоты; мины без клейма — бромметилэтилкетон [4].

⁴⁵ Позиции между Ломжей и Остроленкой находились на направлении удара группы Гальвица, имеющей целью обход крепости Осовец с юга, и оттеснение русских войск на левый берег реки Нарев. Через несколько дней эти позиции русскими были оставлены в рамках общего отхода Северо-Западного фронта на восток.

⁴⁶ В 1915 г. германская оборона представляла собой полосу из трех линий общей глубиной 4–6 км. При этом вне досягаемости артиллерии противника в 10–12 км за первой полосой готовилась вторая полоса обороны. Германская тактика оборонительных действий того времени предполагала, что сила обороны заключается в глубине ее построения. Прорывающиеся через первую линию части противника должны терять силу удара на второй и третьей линиях, и уничтожаться контрударами из глубины.

⁴⁷ Это больше относится к немцам. У союзников в 1915 г. не было эффективных химических снарядов, а до конца войны не было осколочно-химических снарядов.

ГРУППА УЧЕНЫХ РАЗРАБОТАЛА КЛЕТЧНО-АКТИВИРОВАННЫЙ УГОЛЬ НА ОСНОВЕ УГЛЕРОДНОЙ ПЕНЫ С ПОВЫШЕННЫМ ПОКАЗАТЕЛЕМ АДСОРБЦИИ

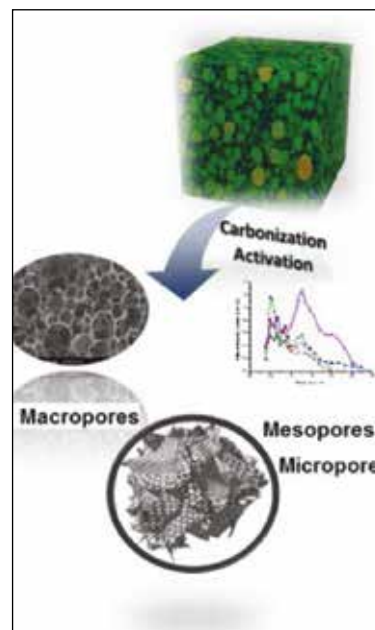
Альтернативой «обычному» активированному углю может служить материал на основе углеродной пены — сетки из углеродных нанотрубок и кластеров, обладающей крайне низкой плотностью и большой площадью поверхности. Внутри объема такие пены могут активироваться термохимически с образованием микро- и мезопор на стенках макропор. При этом в роли прекурсора вещества до сих пор выступали фенолформальдегидные смолы (PF). В новой работе ученые из Университета Брунеля представили доступную технологию получения клеточно-активированного угля. Вместо PF авторы использовали карбамидофенолформальдегидные смолы (PUF) — они извлекаются из растений, дешевы и содержат танины.

В результате исследователи полу-

чили клеточно-активированный уголь с микро- (менее двух нанометров) и мезопорами (от двух до 50 нанометров) на стенках макропор (от 100 до 600 микрометров). При этом вещество не требовало модификации азотом — он поступал в ячейки из смол. Легирование угля азотом повышает показатель адсорбции (в эксперименте — углекислого газа и водорода) и оптимизирует его электрохимические и электрические свойства.

По мнению авторов, потенциально новое вещество может использоваться как замена традиционному активированному углю не только в медицине, но и промышленности.

Информационный портал Naked-science
<https://naked-science.ru/article/sci/aktivirovanny-ugol-iznanotrubok>



КОМПАНИЯ «ТАМБОВМАШ» ПРЕДСТАВИЛА НОВЫЙ ГРАЖДАНСКИЙ ПРОТИВОГАЗ ГП-21



Противогаз предназначен для защиты органов дыхания, лица и глаз взрослого человека из числа гражданского населения, в том числе личного состава невоенизированных формирований гражданской обороны, от отравляющих веществ, радиоактивной пыли, биологических аэрозолей, радиоизотопов йода и его органических соединений, аварийно химически опасных веществ, в том числе ингаляционного действия.

Технические характеристики:

- лицевая часть имеет панорамное стекло и переговорное устройство;
- лицевая часть с правосторонним и левосторонним присоединением фильтрующе-поглощающей коробки (ФПК);
- панорамное стекло лицевой части изготовлено из небьющегося и непотоптевающего пластика.

В комплект поставки входит ФПК, обеспечивающая защиту от всех видов боевых отравляющих веществ, бактериологических аэрозолей и радиоактивной пыли, а также малогабаритные ФПК, предназначенные для защиты от спецсредств.

Фильтрующий противогаз ГП-21 сочетается с большинством средств защиты головы, стоящих на вооружении специальных подразделений МВД.

Противогаз обеспечивает защиту:

- а) от паров фосфорорганических ОВ (зарин, зоман, VX); кожно-нарывных (иприт); ОВ общедовитого дей-

ствия (хлористый циан, синильная кислота);

б) от аварийно химических опасных веществ (АХОВ) при концентрациях 100 ПДК (по ГОСТ 12.1.005) в течение 60 минут:

- паров органических веществ (ацетонитрила, метилакрилата, нитрила акриловой кислоты, формальдегида, хлорпикрина, сероуглерода и др.);
- неорганических газов (хлора, сероводорода, фосгена и др.);
- кислых газов (сернистого ангидрида, хлористого и фосфористого водорода);
- аммиака и его органических производных (диметиламина и других аминов).

Сайт АО «Тамбовмаш»
<http://tambovmash.ru/produkcija/protivogazy-dljagrazhdanskoj-oborony/filtrujushhij-protivogaz-gp-21.html>

В КИТАЙСКОМ ГОРОДЕ САНЬЯН ПРОВИНЦИИ ХУБЭЙ ПРОШЛИ ИСПЫТАНИЯ ДРОНА С ОГНЕМЕТОМ, ПРЕДНАЗНАЧЕННОГО ДЛЯ УДАЛЕНИЯ МУСОРА С ВОЗДУШНЫХ ЛИНИЙ ЭЛЕКТРОПЕРЕДАЧ

Одна из китайских энергетических компаний протестировала в Саньяне новый способ очистки ЛЭП от мусора, используя для этого дрон с огнеметом.

Для уничтожения мусора был приспособлен модифицированный октокоптер DJI S1000+, который может поднимать в воздух до 11 килограммов груза.

Подробностей о проведенных испытаниях не представлено. Не известно, была ли тестовая линия под напряжением.

Также непонятно, каким образом планируется защищать беспи-

лотник от электромагнитного излучения при работе на высоковольтных ЛЭП. Учитывая, что для удаления мусора используется огнемет, можно сделать вывод, что дрон планируется использовать только на высоковольтных линиях, где используются кабели без изоляции.

Информационное агентство Mepro
<http://www.nanonewsnet.ru/news/2017/dronu-s-ognemetomporuchili-udalenie-musora-s-lep>



КОМПАНИЯ «ТАМБОВМАШ» ПРЕДСТАВИЛА ПОРТАТИВНОЕ ДЫХАТЕЛЬНОЕ УСТРОЙСТВО ПДУ-4Т

Самоспасатель предназначен для экстренной защиты органов дыхания, зрения и кожных покровов головы человека от опасных факторов аварий техногенного характера с выбросом аварийно химически опасных веществ в течение времени, необходимого при эвакуации или в ожидании помощи.

Самоспасатель состоит из защитного капюшона, снабженного смотровым окном, регулируемым оголовьем и эластичным шейным обтюратором, подмасочника, резиновой соединительной трубки для подсоединения регенеративного патрона, дыхательного мешка с клапаном избыточного давления, герметичного пакета, вложенного в сумку.

Технические характеристики:

- время защитного действия, при выполнении нагрузок средней тяжести – не менее 20 минут;
- время защитного действия в режиме ожидания – не менее 60 минут;
- объемная доля диоксида углерода во вдыхаемой газовой дыхательной смеси – не более 1,5 %;
- масса рабочей части устройства – не более 1,5 кг.

Сайт предприятия Тамбовмаш
<http://www.tambovmash.ru/produkcija/2017-02-18-13-03-52/item/321-portativnoe-dyhatelnoe-ustrojstvo-pdu-4t.html>

УЧЕНЫЕ ТОМСКОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО УНИВЕРСИТЕТА РАЗРАБОТАЛИ НОВУЮ ГРУППУ СОРБЕНТОВ, СПОСОБНЫХ АБСОРБИРОВАТЬ ТОКСИЧНЫЕ МИКРОПРИМЕСИ В УСЛОВИЯХ ОЧЕНЬ НИЗКОЙ КОНЦЕНТРАЦИИ

Высокая эффективность новых сорбентов обусловлена модифицированием их поверхности хелатами металлов, имеющих состав и структуру, которые позволяют концентрировать, разделять и аналитически определять органические вещества. Отличительными особенностями таких сорбентов являются гидролитическая и термическая устойчивость,

отсутствие растворения и набухания, что делает их пригодными для работы с любыми жидкостями.

Новые сорбционные материалы, не имеющие аналогов в России, могут использоваться для проведения экологической и криминалистической экспертизы, проверки пищевых продуктов и напитков, в том числе для выявления фальсификатов.

Сайт Томского государственного университета
<http://www.tsu.ru/news/khimiki-tgu-razrabotali-novyesorbenty-dlya-vyyavl/>

АМЕРИКАНСКИЕ ВОЕННЫЕ УЧЕНЫЕ ПРЕДЛОЖИЛИ УСОВЕРШЕНСТВОВАННУЮ ТЕХНОЛОГИЮ ОБНАРУЖЕНИЯ МЕТАБОЛИТОВ ОТРАВЛЯЮЩИХ ВЕЩЕСТВ В БИОЛОГИЧЕСКИХ СРЕДАХ БЕЗ ПРОБОПОДГОТОВКИ

Специалисты Эджвудского химико-биологического центра армии США усовершенствовали метод ионизации спреем с бумаги (paper spray ionization), связанный с тандемной масс-спектрометрией высокого разрешения, путем добавления хлорированных растворителей.

В исследовании проводился анализ модельных веществ: диметилметил фосфоната (DMMP), триметилфосфата (TMP) и диизопропилметилфосфоната (DIMP) в крови и моче. Кроме того, определялись и продукты гидролиза ОВ.

Пределы обнаружения в режиме отрицательных ионов варьировались от 0,36 до 1,25 нг/мл как в крови, так и в моче. Эти уровни были значительно ниже тех, которые были обнаружены у жертв атаки в Токийском метро – от 2 до 135 нг/мл.

Публикация: Josiah McKenna, Trevor Glaros, Dennis B. Miller... Detection of chemical warfare agent simulants and hydrolysis products in biological samples by paper spray mass spectrometry. *Analyst*, 2017, Advance Article.

Научный журнал *Analyst*
<http://pubs.rsc.org/en/content/articlelanding/2017/an/c7an00144d#divAbstract>

КИТАЙСКИЕ УЧЕНЫЕ ПРЕДЛОЖИЛИ ТЕХНОЛОГИЮ НА ОСНОВЕ ПОВЕРХНОСТНО-УСИЛЕННОЙ РАМАНОВСКОЙ СПЕКТРОСКОПИИ (SERS) ДЛЯ ОБНАРУЖЕНИЯ ФОСФОРОРГАНИЧЕСКИХ ОТРАВЛЯЮЩИХ ВЕЩЕСТВ

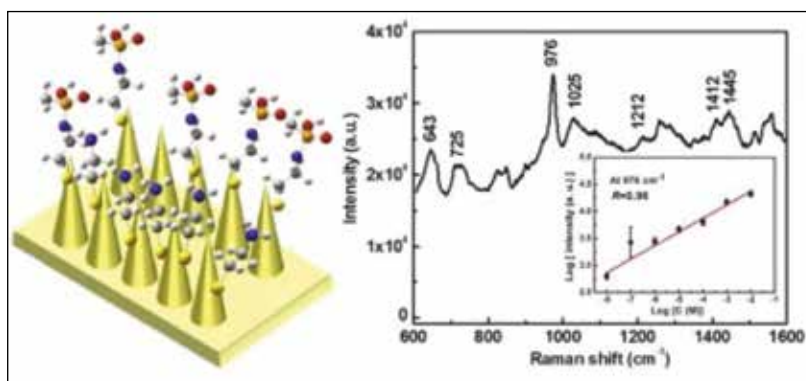
Предложена SERS-подложка на основе специальной матрицы кремниевых наноконусов, покрытых золотом, которая совместно с 2-аминоэтанттиолом способна захватывать молекулы фосфорорганических отравляющих веществ (ФОВ), индуцировать реакцию амидирования и связывать продукты реакции. С помощью спектрометрии комбинационного рассеивания можно регистрировать продукты реакции. В результате такая технология позволяет обнаруживать ФОВ в концентрации 1×10^{-9} (1 часть на миллиард).

Для тестирования технологии использовался имитатор ФОВ – метилфосфоновая кислота. Это иссле-

дование открывает новые подходы к использованию технологии SERS для обнаружения молекул-мишеней, слабо взаимодействующих с металлами, в том числе и ФОВ.

Публикация: Qian Zhao, Guangqiang Liu ... SERS-based ultrasensitive detection of organophosphorus nerve agents via substrate's surface modification. *Journal of Hazardous Materials*. Volume 324, Part B, 2017, Pages 194–202.

База научных публикаций Elsevier
<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0304389416309712>



ИТАЛЬЯНСКИЕ УЧЕНЫЕ РАЗРАБОТАЛИ ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКИЙ БИОСЕНСОР НА БУМАЖНОЙ ОСНОВЕ ДЛЯ ОБНАРУЖЕНИЯ ФОСФОРОРГАНИЧЕСКИХ ОТРАВЛЯЮЩИХ ВЕЩЕСТВ

Принцип предложенного подхода основан на одновременном электрохимическом измерении активности фермента бутирилхолинэстеразы (BChE) с зараженными образцами и без них.

Чувствительность этого устройства в значительной степени улучшена с использованием нанокompозита из берлинской лазури.

Предлагаемое устройство позво-

ляет проводить анализ без каких-либо реагентов. Параоксон, выбранный в качестве имитатора токсичного агента, определяется с чувствительностью до 3 мкг/л.

Использование чрезвычайно доступных производственных технологий обеспечивает создание быстрого, чувствительного, селективного и недорогого инструмента для оценки загрязнений нервно-паралитически-

ми веществами на месте без привлечения специалистов.

Публикация: Stefano Cinti, Clarissa Minotti. Fully integrated ready-to-use paper-based electrochemical biosensor to detect nerve agents. *Biosensors and Bioelectronics*. 2017.

Научный журнал *Biosensors and Bioelectronics*
<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0956566316311162>

МИНИСТЕРСТВО ОБОРОНЫ США ЗАКЛЮЧИЛО КОНТРАКТ НА СУММУ 54,2 МЛН ДОЛЛАРОВ С КОМПАНИЕЙ «FLIR SYSTEMS» НА ПОСТАВКУ КОМПЛЕКТОВ CBRN DR-SKO, ПРЕНАЗНАЧЕННЫХ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ РХБ РАЗВЕДКИ

В настоящее время контракт с Управлением по химической и биологической защите заключен на пять лет. Порядок и количество поставок не уточняется. Первые комплекты должны быть поставлены в войска во втором квартале 2018 года.

Комплект CBRN DR-SKO IDIQ, разработанный компанией «FLIR Systems», включает в себя приборы и оборудование, необходимые для проведения всех видов радиационной, химической и биологической разведки, отбора и транспортировки проб и обработки данных. Комплект упакован в специальные транспортные контейнеры.

Он обеспечивает весь спектр поиска РХБ опасных веществ и соответствует принятым стандартам армии США.

Предназначение комплекта:

- обнаружение и идентификация ОВ и промышленных токсикантов в жидком, твердом и газообразном состоянии;
- обнаружение летучих органических соединений и горючих газов;
- обнаружение взрывчатых веществ;
- обнаружение 2 типов биологических токсинов в воде;
- обнаружение и идентификация 8 типов патологических биологических агентов;
- обнаружение источников альфа-, бета-, гамма-, рентгеновского и нейтронного излучений;
- отбор всех видов проб (твердые, жидкие, газообразные и парообразные);
- установка знаков ограждения, видимых днем и в ночное время;
- проведение санитарной обработки персонала;
- проведение фото- и видеофиксации, обработки данных, нанесение их на карту с GPS привязкой и метеоданным с помощью входящего в комплект оборудования;
- проведение автономной заправки баллонов и организация электроснабжения.

Комплект имеет пять различных конфигураций, в зависимости от требований заказчика: для сухопутных войск, военно-морского флота, воен-

но-воздушных сил, корпуса морской пехоты и специальных гражданских формирований и служб.

Стоимость комплекта – от 1,2 до 1,5 млн. долларов.

В состав комплекта входят:

1. Химический детектор M4A1 JCAD;
2. Комплект портативных радиостанций XTS-5000 Radio Kit;
3. Портативный газосигнализатор с возможностью обнаружения гамма-излучения MultiRAE Pro;
4. Дозиметр AN/UDR-14;
5. Комплект для определения РХБ заражения воды JCBRAWM M328;
6. Дозиметр AN/PDR-77;
7. Защищенный измеритель мощности дозы – спектрометр ионизирующих излучений identiFINDERU;
8. Детектор взрывчатых веществ Fido XT;
9. ИК-спектрометр TruDefender FT;
10. Портативный спектрометр комбинационного рассеяния света FirstDefender RMX;
11. Аспиратор Draeger Tubes с комплектом индикаторных трубок;
12. Специальный респиратор с комплектом фильтров Scott C420 PAPR System;
13. Цифровой комплект фотовидеофиксации;

14. Метеостанция Kestral 4500NW;
15. Ртутный анализатор QSA 102;
16. Комплект сигнальный «РХБ опасность»;
17. Система зарядки воздухом Bauer compressor and Fill station;
18. Электрогенератор MEP 95-531A;
19. Контейнер для паровых проб;
20. Комплект средств специфической индикации биологических агентов с холодильником для хранения проб;
21. Костюм химической защиты уровня защиты А;
22. Костюм химической защиты 3 класса защиты;
23. Костюм химической защиты 2 класса защиты;
24. Дыхательный аппарат на сжатом воздухе SCBA;
25. Система специальной обработки в сумке-переноске;
26. Разборная тележка;
27. Комплекс обработки и передачи данных CF 31 Information Support Tool Kit.

Информационный портал
americansecuritytoday

<https://americansecuritytoday.com/flir-receives-54-2morder-us-dod-dr-sko-systems/>



СОТРУДНИКИ КАЛИФОРНИЙСКОГО УНИВЕРСИТЕТА РАЗРАБОТАЛИ ПОРТАТИВНЫЙ СЕНСОР ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПЕСТИЦИДОВ И ФОСФОРОРГАНИЧЕСКИХ СОЕДИНЕНИЙ

Разработка представляет собой особым образом нанесенные на указательный палец резиновой перчатки гибкие липкие полоски, а также сам электрохимический сенсор, закрепленный на подушечке большого пальца.

Процесс отбора проб осуществляется при контакте указательного пальца с нанесенной полоской с заряженной поверхностью. Пользователь должен сильно прижать палец к поверхности для сбора образца, а затем совместить большой и указательный пальцы для проведения электрохимического анализа. Закрепленное на тыльной поверхности кисти устройство обрабатывает данные и передает их по каналу Bluetooth на мобильное устройство пользователя.

В ходе испытаний было выявлено, что данная система успешно определяет метилпараитон и метилпараоксон на различных поверхностях, в том числе на стекле, дереве и пластике, а также на продуктах.

Публикация: Rupesh K. Mishra, Lee J. Hubble... Wearable Flexible and Stretchable Glove Biosensor for On-Site Detection of Organophosphorus Chemical Threats. American Chemical Society, March 3, 2017

Информационный портал *cbrnecentral*
<https://cbrnecentral.com/lab-glove-bring-nerve-agent-detection-fingertips/10635/>



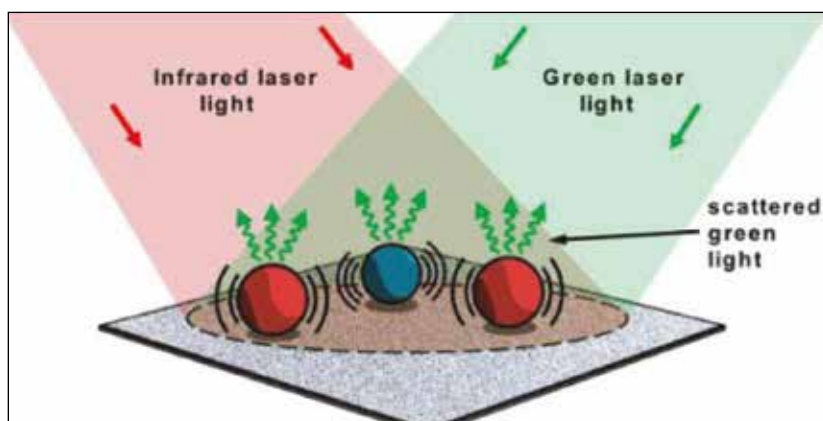
УЧЕНЫЕ МАССАЧУСЕТСКОГО ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ИНСТИТУТА РАЗРАБОТАЛИ МИКРОСКОП, КОТОРЫЙ МОЖЕТ ХИМИЧЕСКИ ИДЕНТИФИЦИРОВАТЬ ОТДЕЛЬНЫЕ ЧАСТИЦЫ МИКРОННОГО РАЗМЕРА

Новый метод основан на освещении частиц одновременно инфракрасным лазером и лазером видимого диапазона (например, зеленым). Инфракрасный лазер сообщает частицам энергию, заставляя их нагреваться и расширяться. Луч зеленого лазера затем рассеивается этими нагретыми частицами. Для измерения уровня этого рассеяния используется камера видимого спектрального диапазона, что позволяет отслеживать физические изменения отдельных частиц через объектив микроскопа.

Использование новым микроскопом излучения видимого диапазона для визуализации дает ему пространственное разрешение около 1 мкм по сравнению с разрешением примерно 10 мкм у традиционных методов инфракрасной спектроскопии.

Улучшенное разрешение позволяет с использованием новой методики различать и идентифицировать отдельные частицы, которые чрезвычайно малы и близки друг к другу.

В эксперименте исследователи из

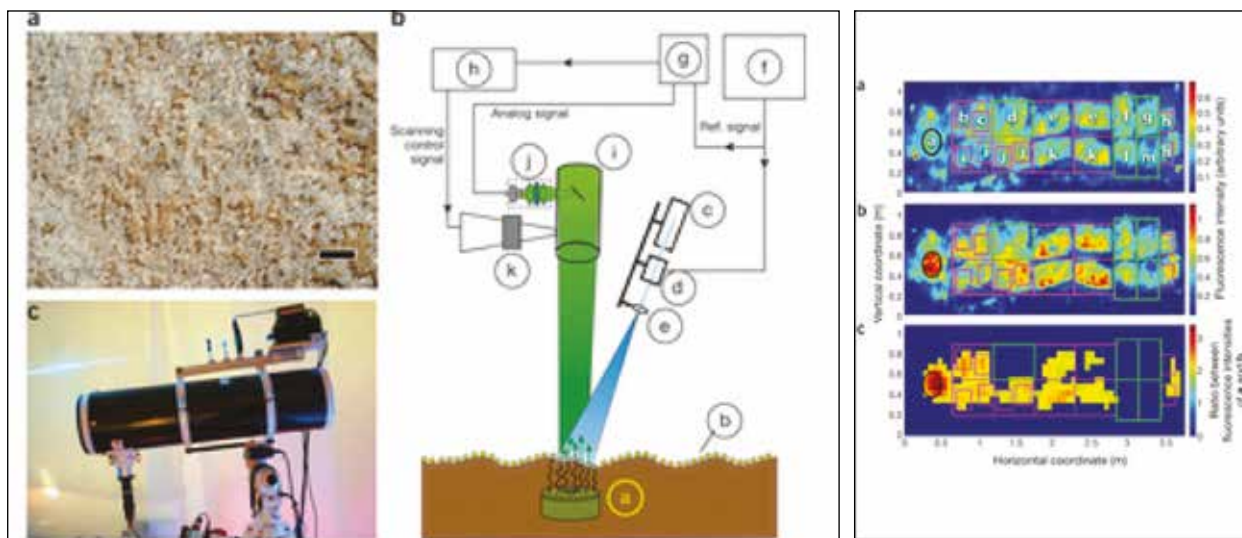


Массачусетского Технологического Института продемонстрировали возможности своего микроскопа, проведя измерения инфракрасных спектров отдельных 3-мкм сфер из диоксида кремния и акрила.

Публикация:
R.M.Sullenberger, S.M.Redmond... Spatially-resolved individual particle spectroscopy using photothermal modulation of Mie scattering. *Optics Letters*, 2017; 42 (2): 203 DOI: 10.1364/OL.42.000203

Информационный портал
Мир современных материалов
<https://worldofmaterials.ru/417-novyyj-mikroskop-dlyakhimicheskoy-indentifikatsii-chastits-mikronnogo-razmera>

БИОЛОГИ ПРИСПОСОБИЛИ БАКТЕРИИ ФЛУОРЕСЦИРОВАТЬ В ПРИСУТСТВИИ ДИНИТРОТОЛУОЛА



Группа биоинженеров из Израиля ранее создала разновидность распространенных бактерий *Escherichia coli*, светящихся зеленым цветом в присутствии 2,4-динитротолуола. В новой работе ученые рассказывают о полевом эксперименте, в рамках которого бактерии использовались для обнаружения зарытых в почву и песок мин без взрывателей. Эффективность обеспечивается широким распространением тротила

(2,4,6-тринитротолуола) в качестве взрывчатого вещества.

Исследователи помещали около 100 000 бактерий в полимерные шарики, получаемые из водорослей, и разбрызгивали их по минному полю. Через сутки они использовали лазер для определения и количественной оценки флуоресценции с расстояния 20 метров. Позже сообщалось о доведении времени определения до трех часов, а также о работе над огра-

ничением времени жизни бактерий, чтобы уменьшить потенциальную опасность попадания генетически модифицированных организмов в окружающую среду.

Публикация: Shimshon Belkin, Sharon Yagur-Kroll... Remote detection of buried landmines using a bacterial sensor. *Nature Biotechnology* 35, 308–310 (2017). Published online 11 April 2017

Информационный портал Индикатор
<https://indicator.ru/news/2017/04/12/bakterii-i-miny/>

КОМПАНИЯ «SCOTTSAFETY» ПРЕДСТАВИЛА НОВУЮ ЗАЩИТНУЮ ПОЛУМАСКУ AVIVA



Полумаска AVIVA имеет модернизированный лицевой уплотнитель, обеспечивающий плотное прилегание к лицу. Система крепления из двух эластичных резиновых ремешков на хлопковой основе и оголовья регулируется в двух точках. Удобная конструкция обеспечивает хороший обзор и совместимость со средствами защиты глаз и головы – защитными очками, касками, шлемами.

Обеспечивает защиту от газов и паров, а также от аэрозолей (пыли, туманов, дымов).

Применяется с различными фильтрами с байонетным креплением, а также резьбовым в центральной части, для защиты от газов и паров; с фильтром высоко-

эффективной очистки в комбинации с держателем.

Оснащена клапанами вдоха и выдоха, направленными вниз для снижения запотевания защитных очков и снижающими накопление горячего воздуха и влагообразование под лицевой частью. Не затрудняет речь. При необходимости промывается водой с использованием моющих средств (без фильтров и предфильтров).

Сайт компании scottssafety
<https://www.scottssafety.com/en/us/Pages/ProductDetail.aspx?productdetail=XCEL+Half+mask>

О СИТУАЦИИ С ЧУМой НА МАДАГАСКАРЕ

Министерство здравоохранения Мадагаскара проинформировало Всемирную организацию здравоохранения о 62 случаях чумы, из них 26 со смертельным исходом.

Из общего числа зарегистрированных случаев 5 классифицируются как легочная форма чумы, а остальные – как бубонная чума.

На Мадагаскаре расположен природный очаг чумы, в связи с этим случаи заболевания регистрируются ежегодно. Вспышка заболевания, по мнению специалистов, связана с активной миграцией диких грызунов в связи с лесными пожарами.

Официальный сайт ВОЗ

<http://www.who.int/csr/don/09-january-2017-plaguemd/en/>

О ВСПЫШКЕ СИБИРСКОЙ ЯЗВЫ В АВСТРАЛИИ И ТАНЗАНИИ

В Австралии на одной из ферм в г. Суон-Хилл, расположенном в 280 км от Мельбурна, зарегистрирован очаг сибирской язвы. Заболевание распространилось среди овец, из которых пало 33.

Также сообщается о 36 заболевших жителях Северного округа Хай в Танзании. Все заболевшие поступили в окружную больницу с симптомами сибирской язвы после употребления в пищу говядины.

Министерство здравоохранения сообщает, что вспышка затронула три деревни: Санья, Тиндигани и Нквазира.

В настоящее время специалисты проводят комплекс противоэпидемических мероприятий, направленный на ликвидацию очага, включая введение карантина в населенном пункте, установление медицинского наблюдения за контактными лицами, проведение профилактических мер в отношении животных, в том числе иммунизацию и организацию дезинфекции.

Сайт Роспотребнадзора

http://www.rosпотребнадзор.ru/about/info/news/news_detail.php?ELEMENT_ID=7982

АВСТРАЛИЙСКИЕ УЧЕНЫЕ РАЗРАБОТАЛИ СПРЕЙ ДЛЯ РАСТЕНИЙ, ОБЕСПЕЧИВАЮЩИЙ ДЛИТЕЛЬНОЕ ПОДАВЛЕНИЕ ВИРУСНЫХ ГЕНОВ НА ОСНОВЕ ЯВЛЕНИЯ РНК-ИНТЕРФЕРЕНЦИИ



Публикация: Neena Mitter, Elizabeth A. Worrall... Clay nanosheets for topical delivery of RNAi for sustained protection against plant viruses. *Nature Plants*, Published online: 09 January 2017

Подавление вирусных генов основано на естественной системе защиты растений, которая называется РНК-интерференцией. При атаке вирусом клетка «разрезает» двуцепочечную вирусную РНК на короткие РНК-фрагменты и использует их для распознавания и полного уничтожения цепочек РНК схожей структуры. В отсутствие РНК вирусные белки не формируются и, таким образом, вирус не может размножаться.

В новой работе исследователи соединили РНК с наночастицами глины: состав при распылении надежно прилипает к листьям растений и выдерживает несколько поливов.

Положительно заряженные ча-

стицы глины связывают и защищают от разрушения отрицательно заряженные РНК. С течением времени частицы глины постепенно разрушаются, медленно высвобождая РНК. Такой подход позволил продлить защиту растений табака от вирусов до 20 дней после однократного распыления. Более того, под защитой оказались даже новые листья, выросшие после опрыскивания – у растений и, например, круглых червей реакция на чужеродную РНК носит систематический характер, распространяясь по организму.

Информационный портал N+1

<https://nplus1.ru/news/2017/01/12/sustainedprotectionagainstplantviruses>

НА ТЕРРИТОРИИ ГВИНЕЙСКОЙ РЕСПУБЛИКИ СОЗДАН РОССИЙСКО-ГВИНЕЙСКИЙ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ЦЕНТР ЭПИДЕМИОЛОГИИ И ПРОФИЛАКТИКИ ИНФЕКЦИОННЫХ БОЛЕЗНЕЙ

Роспотребнадзором на базе центра в Гвинее будут исследоваться особенности распространения опасных и особо опасных природно-очаговых инфекций (лихорадок Эбола, Ласса, желтая лихорадка, малярия, лихорадка Западного Нила и др.), разрабатываться и апробироваться новые средства диагностики и профилактики опасных инфекций, представляющих угрозу не только для Гвинеи, но и для всего мира.

Кадровый состав центра пред-

ставлен специалистами научных учреждений Роспотребнадзора, гвинейскими эпидемиологами и микробиологами, прошедшими обучение в России по проблемам распространения особо опасных, социально значимых и природно-очаговых инфекционных болезней.

Сайт Роспотребнадзора

http://www.rosпотребнадзор.ru/about/info/news/news_detail.php?ELEMENT_ID=7876

УЧЕНЫЕ ЮЖНОКОРЕЙСКОГО УНИВЕРСИТЕТА СОНГЮНГВАН СОЗДАЛИ НАНОЧАСТИЦЫ, ИМИТИРУЮЩИЕ ВИРУС БЕШЕНСТВА, ДЛЯ АДРЕСНОЙ ДОСТАВКИ ЛЕКАРСТВЕННЫХ ВЕЩЕСТВ

Ученые использовали вирусный гликопротеин, а наночастицы изготовили из золотых наностержней, покрытых полиэтиленгликолем, которые несут отдельные молекулы вируса и подражают его общей форме.

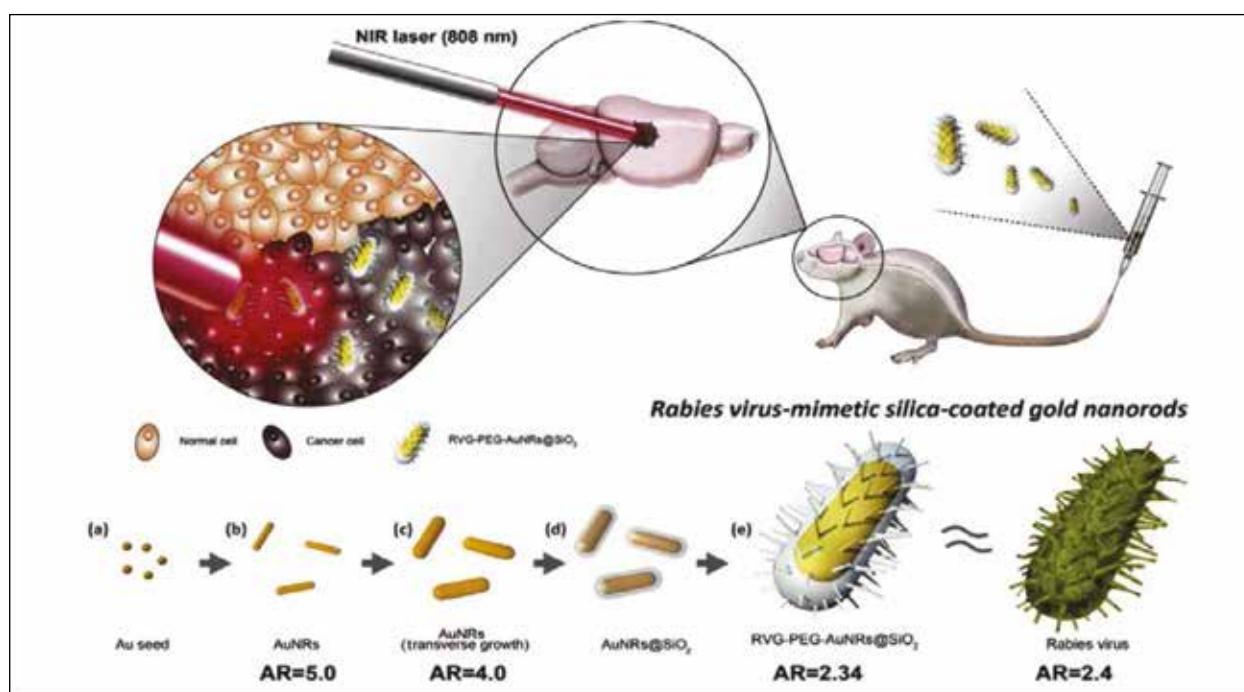
Такие золотые наночастицы могут использоваться сами по себе, а также нести лекарственные средства. Также, поглощая лазерное излучение определенной длины волны, наностержни нагреваются, убивая окру-

жающие клетки и не оказывая влияния на другие части организма.

Этот механизм ученые продемонстрировали в эксперименте на мышах, инъекцировав им в хвост препарат «вирусоподобных» наночастиц и используя ИК-лазер. Луч проходил сквозь ткани организма, нагревая наночастицы до 50 °С и разрушая раковые клетки. Размеры опухоли у подопытных животных уменьшились вдвое, а у пары мышей исчезли совершенно.

Публикация: Changkyu Lee, Ha Shin Hwang... Rabies Virus-Inspired Silica-Coated Gold Nanorods as a Photothermal Therapeutic Platform for Treating Brain Tumors. Advanced Materials, First published: 30 January 2017

Информационный портал Naked-science
<https://naked-science.ru/article/sci/smertelnopasnyyviruspomozhet>



УЧЕНЫЕ ИЗ КАЛИФОРНИЙСКОГО УНИВЕРСИТЕТА РАЗРАБОТАЛИ МИКРОФЛЮИДНЫЙ ЧИП ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ПОЛИМЕРАЗНОЙ ЦЕПНОЙ РЕАКЦИИ

Чип представляет собой планшет из полидиметилсилоксана, на котором расположены лунки, соединенные каналом и содержащие активатор реакции. Каплю крови помещают в начало канала, по которому она движется за счет вакуумной системы, постепенно заполняя все лунки. При этом они отделены от канала фильтром, который пропускает плазму, но не клетки крови, что позволило разработчикам отказаться от центрифугирования.

Для определения количества ДНК в крови авторы реализовали

метод цифровой ПЦР. Его суть в том, что реакционную смесь разделяют на множество микрообразцов, в которых реакция идет параллельно – на чипе это происходит в отдельных лунках. После реакции по величине флуоресценции судят, в какие микрообразцы попали молекулы ДНК, а в какие – нет.

Доля светящихся микрообразцов пропорциональна концентрации искомой последовательности ДНК в исходном образце.

На обработку одного образца на

чипе уходит полчаса, все устройство умещается на ладони. Пока он предназначен только для детекции ВИЧ и метициллин-устойчивого золотистого стафилококка (MRSA), но в дальнейшем его планируют приспособить для выявления других патогенов.

Публикация: Erh-Chia Yeh1, Chi-Cheng Fu... Selfpowered integrated microfluidic point-of-care low-cost enabling (SIMPLE) chip. Science Advances, 22 Mar 2017: Vol. 3, no.3

Информационный портал N+1
<https://nplus1.ru/news/2017/03/24/microfluidic-pcr>

В РАЙОНЕ Г. БРУМФИЛД В ШТАТЕ КОЛОРАДО ЗАРЕГИСТРИРОВАНЫ СЛУЧАИ ЗАБОЛЕВАНИЯ ЖИВОТНЫХ ЧУМОЙ

Департамент окружающей среды штата Колорадо сообщил о первых случаях заболевания чумой в этом году.

Сообщается, что в районе г. Брумфилд были обнаружены трупы луговых собачек. При проведении бактериологического исследования удалось определить, что причиной смерти животных послужило инфицирование чумной палочкой.

Департамент здравоохранения штата предупреждает местных жителей о соблюдении правил безопасности при обнаружении подобных случаев.

*Новостной портал denverchannel
[## О ВСПЫШКЕ МЕНИНГОКОККОВОЙ ИНФЕКЦИИ В НИГЕРИИ](http://www.thedenverchannel.com/lifestyle/health/case-of-the-plague-reported-in-broomfield-first-case-in-the-area>thisseason</i></p>
</div>
<div data-bbox=)*

По состоянию на 19 марта 2017 года, в 40 районах местного управления пяти штатов Нигерии с декабря 2016 года было зарегистрировано 1407 предполагаемых случаев менингита и 211 случаев смерти (летальность 15 %). 89 % этих случаев приходится на штаты Замфара, Кацина и Сокото.

*Официальный сайт ВОЗ
<http://www.who.int/csr/don/24-march-2017-meningococcal-disease-nigeria/ru/>*

УЧЕНЫЕ МГУ РАЗРАБОТАЛИ ХИМИЧЕСКИЙ СЕНСОР НА ОСНОВЕ МАТЕРИАЛОВ, ОБЛАДАЮЩИХ МОЛЕКУЛЯРНОЙ ПАМЯТЬЮ

Химики из лаборатории электрохимических методов МГУ имени М.В. Ломоносова разработали ферментативный сенсор для определения концентрации глюкозы и молочной кислоты.

В работе сотрудников МГУ речь идет об альтернативных устройствах, в которых не применяются ферменты.

Сенсор, разработанный учеными, представляет собой электрод, модифицированный тонким слоем полимера. Такие сенсоры не только просты в изготовлении, но также являются более стабильными в работе и при хранении. Кроме того, реагенты для их изготовления на несколько порядков дешевле ферментов.

Получение электропроводящего полимерного покрытия на поверхности электродов является нетривиальной задачей, поэтому важным достижением работы ученых была разработка и тщательная оптимизация условий и параметров электрополимеризации.

В результате ученые получили химический сенсор, который пред-

ставляет собой электрод, покрытый замещенным полианилином с молекулярными отпечатками. Для тестирования сенсора исследователи поместили его в электрохимическую ячейку, в которой находился анализируемый образец. Если в анализируемом образце присутствовали сахара или гидроксикислоты, то борнокислые группы полимера взаимодействовали с ними, что приводило к увеличению проводимости полимера, которая регистрировалась методом спектроскопии электрохимического импеданса.

Публикация: Vita N. Nikitinaa, Nikolay V. Zaryanov... Molecular imprinting of boronate functionalized polyaniline for enzyme-free selective detection of saccharides and hydroxy acids. Available online 14 February 2017

*Информационный портал Научная Россия
<https://scientificrussia.ru/news/uchyonye-mgu-razrabotalihimicheskij-sensor-na-osnove-materialov-obladayushchihmolekulyarnoj-pamyatyu>*



НОВЫЕ СЛУЧАИ СИБИРСКОЙ ЯЗВЫ ЗАРЕГИСТРИРОВАНЫ В ИНДИИ

Департамент здравоохранения города Корапута сообщает о трех новых случаях заболевания сибирской язвой.

Сообщается, что все заболевшие употребляли в пищу говядину.

В настоящее время все заболевшие находятся в городской больнице, их состояние оценивается как тяжелое.

*Сайт газеты newindianexpress
<http://www.newindianexpress.com/states/odisha/2017/mar/26/anthrax-affects-3-tribals-in-koraput-1586067.html>*

В НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОМ ИНСТИТУТЕ НЕОРГАНИЧЕСКИХ МАТЕРИАЛОВ ИМЕНИ АКАДЕМИКА А.А. БОЧВАРА СОЗДАНА ОПЫТНО-ПРОМЫШЛЕННАЯ ТЕХНОЛОГИЯ ПРОИЗВОДСТВА ФИЛЬТРУЮЩИХ ЭЛЕМЕНТОВ

Фильтроэлементы на основе разработанных во ВНИИНМ мембран из пористых коррозионностойких металлов и сплавов работают в широком температурном интервале (от минус 200 до 500 °С), обладают устойчивостью к химически агрессивным (сильнокислотным или сильнощелочным растворам), радиационно или биологически опасным средам. Эффективность фильтрации – до 99,9995 %. Фильтры выдерживают многократную химическую и термическую регенерацию, стерилизацию высокотемпературным газом (паром) и химреагентами, не выделяют токсичных загрязнений.

Официальный сайт Росатома
<http://www.rosatom.ru/journalist/news/v-aovniinmsozdana-tehnologiya-proizvodstva-filtroelementov-sunikalnoy-membranoy/>



АГЕНТСТВО ПЕРСПЕКТИВНЫХ ОБОРОННЫХ РАЗРАБОТОК DARPA ЗАВЕРШИЛО ИСПЫТАНИЯ СЕТЕВОЙ СИСТЕМЫ ДАТЧИКОВ ДЕЛЯЩИХСЯ МАТЕРИАЛОВ SIGMA



С помощью разработанной системы планируется предотвращать теракты с использованием радиоактивных материалов, в том числе «грязных» бомб.

В испытаниях системы SIGMA использовались 73 датчика, смонтированных на машинах скорой помощи

в Вашингтоне. Во время испытаний машины с датчиками проехали в общей сложности 241 тысячу километров и записали более ста тысяч часов данных. С использованием записанных данных была составлена карта радиационного фона в городе.

Система SIGMA получит два типа

датчиков: компактные, размером со смартфон, и автомобильные, размером чуть больше ноутбука. Эти датчики могут определять гамма- и нейтронное излучение. Датчики способны отличать и игнорировать незначительное повышение фона вблизи гранитных конструкций или медицинских учреждений. Устройства через сети сотовой связи подключаются к единому серверу, на который передают данные об измерениях.

Планируется, что до конца 2017 года будут проведены масштабные испытания SIGMA с одновременным использованием компактных и автомобильных датчиков. Если и они будут признаны успешными, новые датчики будут переданы различным службам, в первую очередь полиции, пожарным и скорой помощи.

Сайт Агентства по перспективным оборонным исследованиям

<http://www.darpa.mil/news-events/2017-03-01>

КОМПАНИЯ «BNCSCIENTIFIC» ПРЕДСТАВИЛА НОВЫЙ ПРИБОР РАДИАЦИОННОГО КОНТРОЛЯ RADWALL S300



Прибор RadWall S300 основан на сцинтилляционном детекторе. Он предназначен для измерения мощности дозы рентгеновского и гамма-излучений.

Прибор обладает высокой чувствительностью и быстродействием.

Устройство оборудовано системой беспроводной связи для взаимодействия с другими подобными приборами, а также для передачи данных о радиационной обстановке в центр обработки информации в реальном времени. Прибор оснащен OLED дисплеем высокой контрастности, который обеспечивает индикацию показаний. Он оснащен сигнализаторами двух типов: звукового и визуального.

Технические характеристики:

- тип детектора – сцинтиллятор;
- диапазон энергий – 20 кэВ–3 МэВ;
- погрешность измерения – $\pm 5\%$;
- время отклика – менее 2 секунд;
- источник питания – сеть 240 В / 50–60 Гц, либо аккумуляторная литий-ионная батарея;
- вес – 340 г;
- габаритные размеры – 150×90×60 мм;
- рабочая температура – 20–50 °С.

Сайт компании BNCscientific

<http://www.bncscientific.com/products/item/radiationportal-monitor/radwall-s.html>

АДМИНИСТРАЦИЯ ПРЕЗИДЕНТА США ВЫСТУПИЛА ПРОТИВ ДОГОВОРА О ПОЛНОМ ЗАПРЕТЕ ЯДЕРНОГО ОРУЖИЯ

Администрация президента США Дональда Трампа выступает категорически против договора о полном запрете ядерных вооружений. Об этом на международной конференции по вопросам ядерной политики заявил старший директор по вопросам нераспространения оружия массового поражения Совета национальной безопасности (СНБ) при Белом доме в Фонде Карнеги.

Информационное агентство ТАСС

<http://tass.ru/mezhdunarodnaya-panorama/4113519>

АМЕРИКАНСКАЯ КОМПАНИЯ «ORBITAL SCIENCES» РАЗРАБАТЫВАЕТ СПУТНИК ДЛЯ ОБНАРУЖЕНИЯ НАЗЕМНЫХ, ВОЗДУШНЫХ И КОСМИЧЕСКИХ ЯДЕРНЫХ ВЗРЫВОВ

Разработка нового спутника, получившего обозначение STPSat-6, проводится по контракту стоимостью 78,2 миллиона долларов. Помимо обнаружения ядерных взрывов, космический аппарат будет собирать метеорологические данные. На спутник установят и экспериментальную систему лазерной связи, создаваемую NASA.

Как именно будет производиться обнаружение ядерных взрывов спутником, не уточняется. Вероятнее всего, на нем будет использоваться автоматическая оптическая многоспектральная система высокой четкости.

Похожие системы в настоящее время используются на спутниках



обнаружения пусков межконтинентальных баллистических ракет.

Информационный портал N+1

<https://nplus1.ru/news/2017/02/16/blasts>

Материалы подготовили:

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

Правила направления и опубликования научных статей в журнале «Вестник войск РХБ защиты»

Журнал «Вестник войск РХБ защиты» (далее Журнал) – рецензируемый научно-практический журнал, специализирующийся на освещении важных событий и научных достижений по основным направлениям деятельности и задачам войск радиационной, химической и биологической защиты Вооруженных сил Российской Федерации (далее – войска РХБЗ), повышении профессионального уровня специалистов войск РХБЗ, возрождении интереса к истории войск РХБЗ, популяризации войск РХБЗ, привлечении молодого пополнения к службе в войсках РХБЗ.

Редакция журнала при приеме и оформлении статей руководствуется требованиями Министерства образования и науки Российской Федерации к рецензируемым научным изданиям, утвержденными приказом Минобрнауки России от 25.07.2014 г. № 793¹, и разработанными этим же министерством «Методическими рекомендациями по подготовке и оформлению научных статей в журналах, индексируемых в международных наукометрических базах данных» (под общ. ред. О.В. Кирилловой. М., 2017)². Правовую основу обеспечения публикационной этики журнала составляют международные стандарты: положения, принятые на 2-ой Всемирной конференции по вопросам соблюдения добросовестности научных исследований (Сингапур, 22–24 июля 2010 г.)³; положения, разработанные в 2011 г. Комитетом по этике научных публикаций (The Committee on Publication Ethics – COPE)⁴, и нормы главы 70 «Авторское право» Гражданского кодекса Российской Федерации⁵.

Решение о публикации статьи принимается главным редактором (или уполномоченным им заместителем) исключительно на основе ее научной значимости. Все статьи проходят двойное слепое рецензирование. Однако автор(ы) при желании и согласии рецензентов, подтвержденными письменно, могут перейти на модель открытого рецензирования с размещением на сайте журнала рецензий и ответов на них авторов. Плата за публикацию и рецензирование рукописей не взимается, ускоренная публикация не допускается. Труды заочных конференций не публикуются. Рекламные материалы публикуются в соответствии с законодательством Российской Федерации о рекламе.

Основные рубрики журнала:

Общие вопросы РХБ защиты войск и населения.
Проблемы соблюдения Конвенций о за-

прещении химического и биологического оружия.

Химическая безопасность и защита от химического терроризма.

Биологическая безопасность и защита от биологических угроз.

Вооружение войск РХБЗ и средства РХБ защиты.

Лекции по ключевым вопросам РХБ безопасности. Повседневная деятельность войск РХБЗ.

Противостояние информационной войне в области оружия массового поражения.

Исторический архив.

Обзор важных международных событий в области РХБ безопасности.

Хроника.

1. *Общие требования к статьям.* Статьи предоставляются в виде бумажной версии (в одном экземпляре) и электронной версии, идентичной распечатанному на бумаге экземпляру. Электронная версия представляется в одном из форматов MS Word (*.doc, *.docx или *.rtf) на съемных носителях или по электронной почте, адрес которой указан ниже. Статья должна иметь направление от учреждения, в котором она выполнена. Организации, имеющие лицензии ФСБ на осуществление работ с использованием сведений, составляющих государственную тайну, должны представить заключение об отсутствии в статье сведений, составляющих государственную тайну, и о возможности ее открытого опубликования.

Требования к структуре статьи приведены на рисунке. Требования по типу публикации предполагают следующие форматы:

оригинальная научная статья – развернутый формат представления результатов логически завершенного научного исследования – около 40 тыс. знаков, 5–8 рисунков, 25–40 ссылок;

краткое сообщение – краткий формат представления отдельных результатов логически завершенного научного исследования – не более 20 тыс. знаков, не более двух рисунков или таблиц, минимум 8 ссылок.

обзорная статья – критическое обобщение какой-либо исследовательской темы – от 40 тыс. и более знаков, от пяти и более рисунков, от 70 ссылок.

Шрифт Times New Roman, размер 14. Текст должен располагаться на одной стороне листа с одним интервалом между строками, с полями на левой стороне

¹ URL: <http://legalacts.ru/doc/prikaz-minobrnauki-rossii-ot-25072014-n-793/> (дата обращения 30.05.17).

² URL: <http://academy.rasep.ru/all-materials/556-metodicheskie-rekomendatsii-po-podgotovke-i-iformleniyu-nauchnykh-statej-v-zhurnalakh-indeksiruemykh-v-mezhdunarodnykh-naukometriceskikh-bazakh-dannykh> (дата обращения 30.05.17).

³ URL: <http://rasep.ru/soveto-etike/kodeksy-i-knigi/136-otvetstvennyj-podkhod-k-publikatsii-nauchno-issledovatel'skikh-rabot-mezhdunarodnye-standarty-dlya-avtorov> (дата обращения 30.05.17).

⁴ URL: <http://rasep.ru/soveto-etike/kodeksy-i-knigi/134-kodeks-povedeniya-i-nailuchshaya-praktika-dlya-redaktorov-zhurnalov> (дата обращения 30.05.17).

⁵ URL: <http://legalacts.ru/kodeks/GK-RF-chast-4/razdel-vii/glava-70/> (дата обращения 30.05.17).

Метаданные		Комментарии		
Заставка (Title) Сведения об авторах (Information about authors)		– 10-12 слов; – Содержит основные ключевые слова, нельзя использовать аббревиатуры и формулы.		
		– Содержит ФИО и инициалы авторов. – Очередность упоминания авторов зависит от их вклада в выполненную работу. – В инициалах указывается организация, город, страна; – Название организации (рус./англ.) должно совпадать с названием в Уставе; – При транслитерации ФИО автор должен придерживаться единообразного их написания во всех статьях.		
	Аннотация (Abstract)		– 150-250 слов; – Включает: актуальность темы исследования, постановку проблемы, цели исследования, методы исследования, результаты и ключевые выводы.	
	Ключевые слова (Keywords)		– 8-10 слов и словосочетаний; – Отражают специфику темы, объект и результаты исследования.	
	Основные положения (Highlights)		Содержит 3-5 пунктов маркированного списка, кратко отражающие ключевые результаты исследования.	
Текст статьи	Введение (Introduction)		Включает: актуальность темы исследования, обзор литературы по теме исследования, постановку проблемы исследования, формулирование цели и задач исследования.	
	Methods (Materials and Methods)		– Детально описывают методы — схему экспериментов/наблюдений, позволяющие воспроизвести их результаты, используя только текст статьи; – Описывают материалы, приборы, оборудование и другие условия проведения экспериментов/наблюдений.	
	Results (Results)		Представляют фактические результаты исследования (текст, таблицы, графики, диаграммы, уравнения, фотографии, рисунки).	
	Discussion (Discussion)		Содержит интерпретацию полученных результатов исследования, включая: – соответствие полученных результатов гипотезе исследования; – ограничения исследования и обобщения его результатов; – предложения по практическому применению; – предложения по направлению будущих исследований.	
	Conclusion (Conclusion)		Содержит краткие итоги раздела статьи без повторения формулировок, приведенных в нем.	
Благодарности (Acknowledgments)		Автор выражает: – признательность коллегам за помощь; – благодарность за финансовую поддержку исследования.		
Список источников (References)		Включает только источники, использованные при подготовке статьи, оформленные в соответствии со стандартом, принятым в издательстве.		

Рисунок 5 — Общие требования к структуре научной статьи
 (Краткие рекомендации для авторов по подготовке и оформлению научных статей в журналах, индексируемых в международных наукометрических базах данных. М., 2017).

листа (не менее 3,5 см) и на правой стороне листа (не менее 1 см).

Сокращения слов и аббревиатуры допускаются по тексту статьи, если первоначально приведено полное название. Фамилии иностранных авторов приводятся в оригинальной транскрипции. Не допускаются сокращения простых слов. Дозы лекарственных средств, единицы измерения и другие численные величины указываются в системе СИ.

В левом верхнем углу статьи приводится шифр УДК. Статью может сопровождать *словарь терминов* (неясных, способных вызвать у читателя затруднения при прочтении); словарь размещается в конце статьи перед списком литературы.

В тексте статьи и аннотации следует избегать лишние вводные слова и бессодержательные фразы типа «автор статьи рассматривает...», «общеизвестно...», «как известно», «в наши дни», «в последнее время», «в установленном порядке», «все большее внимание», «можно сказать», «многократно повысить», «многочисленные исследования показывают», «несколько», «незначительно», «так как видно», «безусловно», «существенно более высокий уровень...», «обладает выраженной способностью...», «исследование посвящено актуальным вопросам...», «в целом результаты...», «эффективность... довольно низка» и др.

Название (заглавие) статьи должно быть информативным и не содержать сокращений, за исключением общепринятых. Его не следует начинать с неопределенных слов, например, таких как «некоторые вопросы», «изучение», «исследование» и т.п., которые заведомо не дают представления, о чем конкретно идет речь в содержании работы. Максимальная длина названия статьи – 10–12 слов.

Сведения об авторах включают их ФИО и аффилиацию (наименования организаций, представивших статью, город, адреса авторов). При указании организации необходимо привести ее полный почтовый адрес с указанием индекса города, названия улицы, номера дома; для университетов – название факультета или института. Если авторы из разных организаций, то следует поставить одинаковые значки около фамилии автора и названия соответствующей организации. Можно не указывать улицу, но привести почтовый индекс. Для авторов важно придерживаться указания одного места работы.

Аннотация и ключевые слова – см. п. 3.

Библиографическое описание – приводится полное библиографическое описание статьи, облегчающее ее правильное цитирование другими авторами и работу поисковых систем, индексирующих журнал.

Основные положения (необязательный элемент) – отражают ключевые результаты исследования, основное содержание статьи, изложенные тезисно и оформленные в виде 3–5 пунктов маркированного списка.

2. При подготовке *оригинальных статей* следует придерживаться следующего плана написания:

а) раздел «*Введение*» – краткая оценка современного состояния проблемы, обоснование ее *актуальности*.

Приводятся наиболее известные и авторитетные публикации по изучаемой теме, обозначаются нерешенные проблемы. Формулируются *цели* и *задачи* работы. Информация во Введении должна быть организована по принципу «от общего к частному». Цель работы должна соответствовать названию статьи;

б) раздел «*Материалы и методы*» должен содержать сведения о методах исследования, достаточные для воспроизведения. Автору необходимо пояснить, почему данные методы выбраны для исследования, в чем их преимущества перед другими для решения этой же задачи. Необходимо указать условия и последовательность операций при постановке экспериментов. Если описывается известный метод, то достаточно дать ссылку на соответствующий источник литературы. Необходимо указывать квалификацию и происхождение реактивов, фирмы и страны-производители приборов и оборудования, задействованных в экспериментах. Название компаний-производителей указывать в оригинальной транскрипции. Штаммы микроорганизмов и линии культур клеток, использованных при проведении исследований, должны быть депонированы в национальной коллекции. Необходимо указать название коллекции и регистрационный номер штамма. Статистические методы приводятся настолько детально, чтобы читатель смог проверить представленные в статье результаты. По возможности следует подвергать полученные данные количественной оценке и представлять с соответствующими показателями ошибок измерения и неопределенности (такими, как доверительные интервалы). Не следует полагаться исключительно на статистическую проверку гипотез, например, на использование значений *p*, которые не отражают полноты информации. Выбор экспериментальных объектов необходимо обосновать. Следует приводить детали процесса рандомизации и методы, использованные для обеспечения «слепого» контроля. При описании статистических методов, ссылки должны приводиться на известные руководства и учебники;

в) раздел «*Результаты*». В этом разделе должны быть представлены экспериментальные или теоретические данные, полученные в ходе исследования. Результаты даются в обработанном варианте: в виде таблиц, графиков, организационных или структурных диаграмм, уравнений, фотографий, рисунков. Приводятся только факты. Их интерпретацию, сопоставление с данными других исследователей следует помещать в раздел «Обсуждение». Если было получено много похожих зависимостей, представляемых в виде графиков, приводится только один типичный график, а данные об имеющихся количественных отличиях между ними представляются в таблице. Существует три способа представления результатов: текст (вербальное представление); таблицы (полувербальное представление); рисунки: диаграммы, графики, изображения (визуальное представление). Все три способа представления результатов количественного исследования (текст, таблицы и рисунки) должны до-

полнять, а не повторять друг друга. Каждый график, каждая таблица должны быть представлены и описаны в тексте. Их текстовое описание также состоит из трех элементов. Первый указывает, что именно представлено, и где это можно найти в статье. Второй описывает наиболее важные черты этого графика или таблицы, а третий уже комментирует. Результаты рекомендуется излагать в прошедшем времени и утвердительными предложениями.

г) раздел «Обсуждение» содержит интерпретацию полученных результатов исследования, предположения о полученных фактах, сравнение полученных собственных результатов с результатами других авторов. В «Обсуждении» следует перейти от специфической информации разделов «Методы» и «Результаты» к более общей интерпретации результатов.

д) раздел «Заключение» содержит главные идеи основного текста статьи. Эту часть раздела надо тщательно отредактировать, чтобы не повторять формулировок, приведенных в предыдущих разделах. Желательно сравнить полученные результаты с теми, которые планировалось получить, а также показать их новизну и практическую значимость, прописать ограничения, возникшие в ходе работы. В конце раздела приводятся выводы и рекомендации, определяются основные направления дальнейших исследований. Выводы должны соответствовать цели исследования и быть основаны на полученных результатах. Основной вывод должен содержать ответ на вопрос, поставленный во вводной части статьи. Выводов не должно быть больше 3–5. При большом количестве теряется значимость основного (основных) вывода;

е) раздел «Благодарности» – в этом разделе следует упомянуть людей, которые помогли при работе над статьей и источники финансирования.

ж) раздел «Информация о конфликте интересов». Авторы должны сообщить о наличии финансовых или каких-либо других существенных конфликтов интересов, которые могут быть расценены как повлиявшие на результаты исследования или их интерпретацию. Должны быть указаны формы стороннего финансирования работы (гранты, субсидии, пожертвования), если они были. Если нет конфликтов интересов, авторы должны заявить: «Авторы заявляют, что исследования проводились при отсутствии любых коммерческих или финансовых отношений, которые могли бы быть истолкованы как потенциальный конфликт интересов».

и) раздел «Сведения о рецензировании статьи». Указывается модель рецензирования (двойное слепое или открытое рецензирование), количество рецензентов и местонахождение рецензий. Например: «Проведено двойное слепое рецензирование статьи двумя рецензентами. Рецензии находятся в редакции журнала».

к) раздел «Список источников» сообщает читателю, откуда заимствованы материалы или отдельные результаты (см. п. 9).

л) *Англоязычный блок*. Переводятся на английский язык название статьи, сведения по аффилиации

авторов, реферат, ключевые слова и список источников. В отношении организации(ий) важно, чтобы указывался официально принятый английский вариант наименования.

Например:

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

Kuban State University, Stavropolskaya Street 149, 350040 Krasnodar, Russian Federation;

M.V. Lomonosov Moscow Academy of Fine Chemical Technology, Vernadskogo Ave. 86, Moscow 119571, Russian Federation;

Federal State Budgetary Institution «Scientific Centre for Expert Evaluation of Medicinal Products» of the Ministry of Health of the Russian Federation, Petrovsky Boulevard 8, bld. 2, Moscow 127051, Russian Federation.

Транслитерация ФИО авторов осуществляется по системе BGN (Board of Geographic Names, см. сайт <http://www.translit.ru>).

Аннотация на английском языке на статью на русском языке по объему может быть больше аннотации на русском языке (см. п. 3), так как за ней не идет полный текст на этом же языке. В переводе аннотаций и ключевых слов на английский язык не должно быть транслитераций с русского языка, кроме непереводаемых названий собственных имен, приборов и других объектов, имеющих собственные названия; также не должен использоваться непереводаемый сленг, известный только русскоговорящим специалистам. Должна применяться англоязычная специальная терминология. Следует избегать употребления терминов, являющихся прямой калькой русскоязычных терминов «следовательно», «например», «в результате» и т.д. («consequently», «for example», «the benefits of this study», «as a result» etc.). Излагаемые положения должны логично вытекать одно из другого. Необходимо использовать активный, а не пассивный залог, т.е. «The study tested», но не «It was tested in this study» (частая ошибка российских аннотаций).

В списке источников (References) на английский язык переводятся названия статей на русском языке. Транслитерируются ФИО авторов и выходные данные периодических и неперидических изданий. В скобках указывается язык статьи (in Russian). Если в списке есть ссылки на иностранные публикации, они оставляются без изменений.

3. *Аннотация и ключевые слова* – основной источник информации о статье в отечественных и зарубежных информационных системах и базах данных, индексирующих журнал. Поэтому аннотация должна быть информативной (не содержать общих слов о статье), содержательной (отражать основное содержание статьи), структурированной (следовать логике описания результатов в статье). Ключевые слова должны отражать дисциплину (область науки, в рамках которой написана статья), тему, цель и объект исследования и использоваться читателем для быстрого и приоритет-

ного обнаружения статьи поисковиками в электронных базах различного типа.

Одним из проверенных вариантов аннотации является краткое повторение структуры статьи, включающей введение, цели и задачи, методы, результаты, заключение. Предмет, тема, цель работы указываются в том случае, если не ясны из заглавия статьи. Метод или методологию проведения работы в аннотации целесообразно описывать в том случае, если они отличаются новизной или представляют интерес с точки зрения публикуемой работы. Результаты работы описывают предельно точно и информативно. Приводятся основные теоретические и экспериментальные результаты, фактические данные, обнаруженные взаимосвязи и закономерности. При этом отдается предпочтение новым результатам и данным долгосрочного значения; открытиям, выводам, опровергающим существующие теории представления; а также данным, имеющим практическое значение. Выводы могут сопровождаться рекомендациями, оценками, предложениями, гипотезами, описанными в статье.

Сведения, содержащиеся в названии статьи, не должны повторяться в тексте аннотации. Следует избегать лишних вводных слов и бессодержательных фраз (см. выше). Исторические справки, если они не составляют основное содержание документа, описание ранее опубликованных работ и общеизвестные положения в аннотации не приводятся. В тексте аннотации следует употреблять синтаксические конструкции, свойственные языку научных и технических документов, избегать сложных грамматических конструкций. В качестве помощи для написания аннотаций можно использовать ГОСТ 7.9-95 «Реферат и аннотация. Общие требования».

Ключевые слова приводятся через точку с запятой, что облегчает классификацию работы в компью-

терных поисковых системах. В качестве ключевых слов могут использоваться как одиночные слова, так и словосочетания в единственном числе и именительном падеже. Не следует использовать слишком сложные слова, слова в кавычках, слова с запятыми.

4. **Таблицы** помещают в конце статьи, каждая на отдельной странице. Таблицы должны иметь номер и заголовок. Номер таблицы ставится слева от заголовка. Таблицы необходимо формировать, используя опцию Word «таблица» без абзаца в графе. Сокращения слов в таблицах не допускаются. Цифры в таблицах должны соответствовать цифрам в тексте. В тексте статьи необходимо привести ссылку на таблицу. Таблицы должны быть компактными, иметь порядковый номер; графы, колонки необходимо выверить логически и графически. Материал таблиц (как и рисунков) должен быть понятным и не дублировать текст статьи.

5. **Графики** целесообразно представлять в программе Microsoft Excel с цифровыми данными. Каждый график в отдельном файле.

6. **Математические формулы и уравнения** следует выделять из текста в отдельную строку. Выше и ниже каждой формулы и уравнения должно быть оставлено не менее одной свободной строки. Если уравнение не уместится в одну строку, то оно должно быть перенесено после знака равенства (=) или после знаков плюс (+) или минус (-), умножения (×) или деления (÷) или других математических знаков, причем знак в начале следующей строчки повторяют. При переносе формулы на знак, символизирующей операцию умножения, используют знак «×». Пояснение значений символов и числовых коэффициентов следует приводить непосредственно под формулой (уравнением) в той же последовательности, в которой они даны в формуле (уравнении).

Формулы и уравнения в статье нумеруются порядковой нумерацией в пределах статьи арабскими

Таблица — Сокращения ученых степеней и званий

Полное наименование	Сокращенное наименование	Сокращенное наименование (англ.)
доктор биологических наук	д-р биол. наук	Doctor of Biological Sciences
доктор ветеринарных наук	д-р ветеринар. наук	Doctor of Veterinary Sciences
доктор военных наук	д-р воен. наук	Doctor of Military Sciences
доктор медицинских наук	д-р мед. наук	Doctor of Medical Sciences
доктор технических наук	д-р техн. наук	Doctor of Technical Sciences
доктор физико-математических наук	д-р физ.-мат. наук	Doctor of Physico-Mathematical Sciences
доктор химических наук	д-р хим. наук	Doctor of Chemical Sciences
кандидат биологических наук	канд. биол. наук	Candidate of Biological Sciences
кандидат ветеринарных наук	канд. ветеринар. наук	Candidate of Veterinary Sciences
кандидат военных наук	канд. воен. наук	Candidate of Military Sciences
кандидат медицинских наук	канд. мед. наук	Candidate of Medical Sciences
кандидат технических наук	канд. техн. наук	Candidate of Technical Sciences
кандидат химических наук	канд. хим. наук	Candidate of Chemical Sciences
доцент	доц.	Associate Professor
профессор	проф.	Professor
старший научный сотрудник	ст. науч. сотр.	Senior Researcher
академик	акад.	Academician

цифрами в круглых скобках и крайнем правом положении на строке. Одну формулу (уравнение) обозначают – (1). Ссылки в тексте на порядковые номера формул и уравнений дают в скобках арабскими цифрами.

7. *Рисунки и фотографии.* Рисунки и фотографии могут быть черно-белыми и цветными. Количество обозначений на рисунке или фотографии необходимо свести к минимуму, объяснения следует давать в подрисунковой подписи. Если рисунки и фотографии представляются на бумажном носителе, то на обороте карандашом проставляются их номера, фамилия автора и название статьи, обозначается верх и низ. Подписи к рисункам (фотографиям) печатаются на отдельной странице. Сначала дается общая подпись к рисунку (фотографии), а затем – расшифровка цифровых или буквенных обозначений. В подписях к микрофотографиям указываются увеличение, метод окрашивания. Электронные варианты рисунков и фотографий должны быть размером не менее чем 9–12 см, 300 точек/дюйм, формат tif, цветовая платформа CMYK и приложить их в отдельной папке. Обязательно наличие распечатанного рисунка, представленного в электронном виде. Необходимо, чтобы все таблицы (рисунки), приложенные к тексту статьи, были упомянуты в тексте.

8. *Ученые степени и звания* приводятся в сокращенном виде, как указано в таблице.

9. *Список источников* (Библиографический список). Готовится на русском и английском языках. Библиографический список позволяет:

- признавать и использовать идеи других авторов, избежав обвинений в плагиате;
- быстро найти источники материалов, на которые ссылается автор, ознакомиться с ними и убедиться в достоверности данных из этих источников;
- продемонстрировать масштаб и глубину исследования.

В список источников включаются только рецензируемые источники (статьи из научных журналов и монографии), используемые в тексте статьи. Если цитируемая статья имеет уникальный идентификатор цифрового объекта DOI (Digital Object Identifier), необходимо указывать его после описания цитируемой статьи. При проведении анализа научной проблемы необходимо показать знакомство с классическими трудами, сославшись в работе на соответствующие источники. Если необходимо сослаться на статью в общественно-политической газете, текст на сайте или в блоге, следует поместить информацию об источнике в подстрочную сноску. Нежелательно включать в библиографические списки нормативные документы (постановления, законы, инструкции и т.д.) и труднодоступные источники, которые никогда не будут проиндексированы в базах данных цитирования. Предпочтительно их цитировать непосредственно в тексте или в сносках при первом упоминании.

Ссылки в тексте должны даваться номерами в квадратных скобках в порядке их цитирования. При цитировании источников следует отражать работы не

только российских, но и зарубежных коллег. Не следует прибегать к ложному цитированию. Редакция оставляет за собой право выборочно проверять соответствие ссылок цитируемым сведениям. При обнаружении ложного цитирования статья не публикуется.

Библиографические списки составляются в соответствии с ГОСТ Р 7.0.5-2008 «Библиографическая ссылка. Общие требования и правила составления», введенном в действие с 01.01.2009 г. Для цитирования научной литературы в журнале используются затекстовые библиографические ссылки (см. раздел 7 и примеры ссылок в приложении А ГОСТ Р 7.0.5-2008). Электронные ресурсы локального и удаленного доступа цитируются в соответствии с правилами, приведенными в разделе 10 ГОСТ Р 7.0.5-2008. Примеры ссылок на электронные ресурсы приведены в приложении А этого же ГОСТа. Правильное описание используемых источников в списках литературы – залог того, что цитируемая публикация будет учтена Российским индексом научного цитирования (РИНЦ) при оценке научной деятельности ее авторов и организаций, где они работают. Ссылки на неопубликованные работы не допускаются. В ссылках на статьи, принятые в печать, но еще не опубликованные, нужно указать: «в печати». При этом авторы должны получить письменное разрешение на упоминание таких статей и подтверждение, что они действительно приняты к публикации. Информация из рукописей, представленных, но еще не принятых в печать, должна обозначаться в тексте как «неопубликованные наблюдения» (наличие согласия автора).

10. Печатный вариант необходимо подписать всем авторам. Указываются фамилия, имя, отчество, место работы, телефон, почтовый и электронный адреса автора, с которым редакция будет вести переписку.

11. Подпись автора(ов) под статьей, переданной в редакцию, подразумевает, что он(и):

- гарантируют, что размещение научной статьи в журнале «Вестник войск РХБ защиты» не нарушает ничьих авторских прав;
- статья содержит все предусмотренные действующим законодательством об авторском праве ссылки на цитируемых авторов и издания, а также используемые в статье результаты и факты, полученные другими авторами или организациями. Автор(ы) несет(ут) ответственность за научное содержание статьи и гарантирует оригинальность представляемого материала;
- статья не включает материалы, не подлежащие опубликованию в открытой печати, в соответствии с действующими нормативными актами;
- автор(ы) подтверждает(ют), что им был заключен с учредителем журнала в устной форме договор о предоставлении права использования научной статьи в журнале «Вестник войск РХБ защиты» на условиях простой (неисключительной) лицензии (на безвозмездной основе, на весь срок действия исключительного права, на территории всего мира), в частности, на использование научной статьи путем ее

воспроизведения, права использования научной статьи целиком или фрагментарно в сочетании с любым текстом, photographиями или рисунками, в том числе путем размещения полнотекстовых сетевых версий номеров на интернет-сайтах (ГК, Ч. IV, ст. 1236);

- автор(ы) согласен(сны) на обработку в соответствии со ст. 6 Федерального закона «О персональных данных» от 27.07.2006 г. № 152-ФЗ своих персональных данных, а именно: фамилия, имя, отчество, ученая степень, ученое звание, должность, место(а) работы и/или обучения, контактная информация по месту работы и/или обучения, в целях опубликования представленной статьи в журнале «Вестник войск РХБ защиты»;

- автор(ы) подтверждает(ют), что направляемая статья нигде ранее не была опубликована, не направлялась и не будет направляться для опубликования в другие научные издания без уведомления об этом редакции журнала «Вестник войск РХБ защиты»;

- автор(ы) научной статьи ознакомлен(ы) и согласен(сны) с правилами подготовки рукописи к изданию, утвержденными главным редактором журнала «Вестник войск РХБ защиты».

12. Редакция рекомендует авторам в ходе подготовки статей проверять синтаксис предложений и убирать «словесный мусор» из текста с помощью сервиса «Главред» (<https://glvrd.ru>).

13. Для установления соответствия статьи требованиям журнала она проходит «двойное слепое рецензирование» двумя рецензентами. Готовые рецензии от авторов не принимаются. Минимальный срок рецензирования – 2–3 недели. Автор(ы) при желании и согласии рецензентов, подтвержденными письменно, могут перейти на модель открытого

рецензирования. Рецензии постоянно хранятся в редакции журнала. Если рецензии положительны, но содержат замечания и пожелания, редакция направляет их авторам. Автор должен ответить рецензентам по всем пунктам их рецензий. В случае отклонения статьи редакция направляет авторам статьи текст рецензии либо аргументированное письмо редактора. Редакция не вступает в дискуссию с авторами отклоненных статей, за исключением случаев явного недоразумения. Рукописи не возвращаются.

14. Редакция оставляет за собой право сокращать принятые рукописи или вносить в них изменения, без изменения смысла статьи. Статьи, отправленные в редакцию для исправления, должны быть возвращены в редакцию не позднее, чем через две недели после получения. Если статья возвращена в более поздний срок, то сроки опубликования отодвигаются.

15. Редакция приветствует размещение уже опубликованных в журнале статей на интернет-сайтах, если приведено их полное библиографическое описание.

16. Неправильно оформленные статьи не рассматриваются. Все статьи проверяются с помощью программы «Антиплагиат». Статьи недооформленные, а также с машинным переводом на английский язык аннотаций, возвращаются авторам на доработку.

17. Печатный вариант статьи и сопроводительные документы следует направлять по адресу: 105005, Москва, Бригадирский переулок, д. 13. ФГБУ «27 Научный центр» Минобороны России, редакция «Вестник войск РХБ защиты». Электронный вариант статьи представляется на дискете (CD-диске) или по электронной почте (E-mail: 27nc_1@mil.ru).

Наша замечательная Россия

Храм Покрова на Нерли

«Церковь Покрова на Нерли близ Владимира является не только самым совершенным храмом, созданным на Руси, но и одним из величайших памятников мирового искусства».

Игорь Эммануилович ГРАБАРЬ



Построен в 1165 г. при князе Андрее Боголюбском (1111-1174) на рукотворном холме высотой около 3 м вблизи места впадения реки Нерли в Клязьму. Представляет собой крестовокупольный храм на четырех столпах. Удивляет изысканностью пропорций и общей гармоничностью. Известные зодчие XII в. множеством вертикальных линий постарались передать устремление человека ввысь, к Богу. Стены церкви строго вертикальны, но благодаря исключительно удачно найденным пропорциям они выглядят наклонёнными внутрь, чем достигается иллюзия большей высоты сооружения. Когда заходишь внутрь церкви в яркий солнечный день, кажется, что купол парит в небесах. Церковь Покрова на Нерли входит с 1992 г. в список объектов Всемирного наследия ЮНЕСКО под названием «Белокаменные памятники Владимира и Суздаля».

Центральная фигура в композиции трех фасадов храма — восседающий на троне царь Давид-псалмопевец с Псалтирем в левой руке, двуперстно благословляющий правой рукой.

Добраться до церкви Покрова на Нерли можно электричкой с Курского вокзала Москвы до Владимира. На противоположной от железнодорожного вокзала стороне привокзальной площади находится автовокзал, садитесь в любой автобус, идущий до Боголюбова.

**Первый номер журнала
«Вестник войск РХБ защиты» готовили:**



**Главный редактор
Петров С.В.**



**Заместитель
главного редактора
Супотницкий М.В.**



**Научный редактор
Лебединская Е.В.**



**Ответственный секретарь
Шило Н.И.**



**Дизайнер
Тюленева Л.М.**