



## Распыляемый нетканый материал с защитными химико-биологическими свойствами

В.В. Завьялов, М.П. Шабельников, Е.Ю. Басова, Н.В. Завьялова✉, В.А. Ковтун, В.И. Холстов

Федеральное государственное бюджетное учреждение «27 Научный центр имени академика Н.Д. Зелинского» Министерства обороны Российской Федерации  
111024, Российская Федерация, г. Москва, проезд Энтузиастов, д. 19  
✉ e-mail: 27\_nc\_1@mil.ru

### Основные моменты

Самособирающиеся ультраинтеллектуальные распыляемые материалы с заданными защитными химико-биологическими свойствами могут быть созданы путем направленной функционализации рецептурной основы жидких тканей.

**Актуальность** – разработанные ранее «умные» распыляемые ткани не обладали защитными химико-биологическими свойствами. Однако благодаря функционализации рецептурной основы, жидкие ткани приобретают эти свойства и при нанесении на одежду, обмундирование и экипировку могут обеспечить защиту жизни и здоровья военнослужащих, а также сохранение военной техники.

**Цель работы** – обосновать принципы создания защитных материалов из жидких тканей с заданными свойствами химического самоочистения и самодезинфекции.

**Источниковая база исследования.** Публикации в научных журналах, доступные через глобальную сеть Интернет, а также собственные опубликованные исследования авторов.

**Метод исследования** – аналитический.

**Результаты.** Проведено теоретическое обоснование возможности создания ультраинтеллектуальных самоконструирующихся защитных материалов с заданными свойствами химического самоочистения и самодезинфекции. Установлено, что с помощью аэрозоля можно создавать одежду любого типа и для любых целей. Такой одежде можно придать новые свойства за счет функционализации ее жидко-рецептурной основы специальными добавками. Создание самособирающегося защитного нетканого материала не требует предварительного формирования, пошива, а также хранения в особых условиях. Новаторская идея состоит в создании жидкой суспензии, содержащей, кроме наноразмерных волокон тканей, воду, тетрафторэтан (или другой газ), углеводородный растворитель, пигментный краситель, наночастицы металлов и наноразмерные ферментные полиэлектролитные комплексы. Получаемая из такой суспензии путем распыления из аэрозольного баллончика «умная» инновационная ткань сможет защищать от болезнетворных микроорганизмов и токсичных химикатов.

**Выводы.** 1. Технология создания жидких «умных» инновационных тканей и одежды из них имеет большой потенциал для использования в сфере обеспечения национальной безопасности и обороны государства. 2. Предложен принципиальный подход к функционализации рецептур, являющихся основой для создания жидких тканей, химически и биологически активными компонентами, которые придадут рассматриваемым ультраинтеллектуальным тканям свойства самосборки, самоочистения (самодегазации) и самодезинфекции. 3. Обоснован подбор компонентов в состав рецептуры жидких тканей для придания им защитных химико-биологических свойств.

**Ключевые слова:** баллончик с жидкой тканью; жидкая ткань; заданные защитные свойства; защитные жидкие ультраинтеллектуальные материалы; защитные химико-биологические свойства; инновационные материалы; модификация жидкой основы; связывание и разжижение волокон; состав смеси; «умные» интеллектуальные материалы

**Для цитирования:** Завьялов В.В., Шабельников М.П., Басова Е.Ю., Завьялова Н.В., Ковтун В.А., Холстов В.И. Распыляемый нетканый материал с защитными химико-биологическими свойствами. Вестник войск РХБ защиты. 2024;8(4):368–379. EDN:xgerzq.  
<https://doi.org/10.35825/2587-5728-2024-8-4-368-379>

© В.В. Завьялов, М.П. Шабельников, Е.Ю. Басова, Н.В. Завьялова, В.А. Ковтун, В.И. Холстов, 2024

**Прозрачность финансовой деятельности:** авторы не имеют финансовой заинтересованности в представленных материалах или методах.

**Конфликт интересов:** Н.В. Завьялова, В.И. Холстов являются членами редколлегии журнала (с 2017 г.). В.А. Ковтун является членом редсовета журнала (с 2017 г.). М.П. Шабельников является членом редсовета журнала (с 2023 г.). Это не повлияло на процесс рецензирования и его результаты..

**Финансирование:** федеральное государственное бюджетное учреждение «27 Научный центр имени академика Н.Д. Зелинского» Министерства обороны Российской Федерации (27 НИЦ МО РФ).

Поступила 01.08.2024 г. После доработки 15 декабря 2024 г. Принята к публикации 27.12.2024 г.

## Sprayable Bonded Fabric with Protective Chemical and Biological Properties

Vasily V. Zavyalov, Maxim P. Shabelnikov, Elizaveta U. Basova, Natalya V. Zavyalova ✉, Viktor A. Kovtun, Viktor I. Kholstov

27 Scientific Centre Named after Academician N.D. Zelinsky of the Ministry of Defence of the Russian Federation  
Entuziastov Passage, 19, Moscow 111024, Russian Federation  
✉ e-mail: 27nc\_1@mil.ru

### Highlights

It is possible to create self-assembling smart spray materials with preset protective chemical and biological properties by modifying the liquid fabrics composition.

**Relevance.** Previous “smart” sprayed fabrics didn’t possess protective chemical and biological properties. However due to liquid base modification the mentioned fabrics acquire these properties, and if we spray them on clothes, uniform and equipment they can save life of soldiers and military vehicles.

**The purpose of the study** is to explain and justify the process of creation of protective materials from liquid fabrics and to prove that it is possible to create fabrics with set properties of autopurification and self-sanitizing. Study base sources. Scientific publications available on the Internet and own studies of the authors of this paper.

**Materials and methods.** Analytical method has been employed in this study.

**Results.** The authors have provide a theoretical justification for the possibility of creation of smart self-assembling protective materials with set properties of autopurification and self-sanitizing. It has been proved that the spray can create any clothes for any purpose. We can give new properties to such clothes, if we perform liquid base modification with special additives. When we create such self-assembling bonded fabric, it doesn’t require special preparation, sewing and storage in special conditions. The novelty is that we create a liquid suspension that contains nanofibers of fabrics, water, tetrafluoroethane (or other gas), hydrocarbon solvent, pigment colourant nanoparticles of metals and nano-sized, enzymatic polyelectrolyte complexes. This liquid suspension, when sprayed will turn to an innovative smart fabric that will be able to protect from pathogenic microorganisms and toxic chemicals.

**Conclusions.** (1) “Smart” liquid innovative fabrics and clothes are quite promising for national security protection and national defense. (2) The authors suggested that the existing compositions of liquid fabric sprays should be modified. The added chemical and biological active components will give the “smart” fabrics in question such properties as self-assembly, autopurification and self-sanitizing. (3) The choice of the components for a new composition for liquid fabrics has been justified in this article.

**Keywords:** binding and weakening of fiber; innovative materials; liquid base modification; liquid fabric; mixture composition; protective liquid supersmart materials; protective chemical and biological properties; set protective properties; «smart materials; spray with liquid fabric

**For citation:** Zavyalov V.Z., Shabelnikov M.P., Basova E.U., Zavyalova N.V., Kovtun V.A., Kholstov V.I. Sprayable Bonded Fabric with Protective Chemical and Biological Properties. Journal of NBC Protection Corps. 2024;8(4):368–379. EDN:xgerzq.  
<https://doi.org/10.35825/2587-5728-2024-8-4-368-379>

**Financial disclosure:** The authors have no financial interests in the submitted materials or methods.

**Conflict of interest statement:** N.V. Zavyalova, V.I. Kholstov are members of the Editorial Board of the journal since 2017. V.A. Kovtun, M.P. Shabelnikov are members of the Editorial Council of the journal since 2017.

**Funding:** 27 Scientific Centre Named after Academician N.D. Zelinsky of the Ministry of Defence of the Russian Federation (27 SC MD RF).

Received August 1, 2024. Revised December 15, 2024. Accepted December 27, 2024

Достижения научно-технического прогресса, направленные на совершенствование среды обитания человека и окружающего его материального мира, не дают новым технологиям, улучшающим одежду повседневного ношения и ношения на производстве или военной службе, стоять на месте, а постоянно двигают их вперед. С каждым годом к одежде (костюму) возрастают особые требования в области функциональности, эргономики и эстетики, которые заставляют создавать и апробировать инновационные материалы. В первую очередь это относится к созданию инновационных материалов, используемых в специальных видах костюма для: военнослужащих; вредных производств; космонавтики; спортивной одежды; медико-реабилитационного назначения [1].

На сегодняшний день исследование новых материалов, комбинаций сплавов и смешанных нитей, а также манипулирование основными текстильными компонентами, включая новые виды волокон, формы пряжи, введение в волокна или нанесение на поверхность материалов всевозможных химико-биологических добавок (рецептур), функционализирующих (модифицирующих) их и придающих им заданные свойства – одна из самых востребованных областей науки. Особое место среди таких материалов занимают так называемые «умные» интеллектуальные материалы, создание которых связано с развитием различных областей химии, биологии, физики и компьютерных технологий [1]. «Умные» материалы называют революционными за их способность изменять свои свойства в зависимости от внешних факторов. Такие материалы могут одновременно выполнять несколько функций – собственно материала с заданными характеристиками, датчика на определенное поведение. В отличие от обычных материалов «умные» материалы могут трансформироваться, передавать энергию, менять свой-

ства и размеры, коммуницировать. «Умный текстиль» используют для сбора и передачи информации [2].

Разработки в области биотекстиля включают в себя волокна, регенерированные из возобновленных ресурсов, таких как кукуруза, соя и молочные белки. В целом интеллектуальные материалы можно подразделить на три категории: пассивные интеллектуальные материалы; активные интеллектуальные материалы; ультраинтеллектуальные материалы. Пассивные материалы чувствуют внешние изменения. Они действуют как сенсоры и датчики. Изменяют цвет при изменении температуры<sup>1</sup>. Активные материалы способны нагревать или охлаждать организм человека, или различные предметы. Основаны такие материалы на технологии фазового перехода (разработка НАСА для костюмов космонавтов) [3]. Так созданный компанией «Outlast Technologies» материал, представляющий собой капсулы с парафином в виде микрошариков, которые внедряют в нити волокон (нейлона или других полиэфирных волокон), нагревают при высокой температуре. Волокна впитывают тепло и в последующем могут отдавать его в холодной среде в течение нескольких часов.

Интерес представляют активные интеллектуальные материалы, обладающие способностью к самостоятельному восстановлению своих исходных характеристик и к самоочищению, на сегодняшний день широко используются в проектировании прототипов специальной одежды медицинского назначения. Самоочищающиеся биоактивные материалы подразделяются на автономные и неавтономные [4]. Первые запускают процесс самогенерации без какого-либо внешнего управления, вторые нуждаются во внешнем иницировании [5].

Ведутся разработки в области создания материалов, способных очищать тело человека. Для этих разработок используют

<sup>1</sup> «Номекс»-ткань, покоряющая огонь. URL: <https://tkanin fo.ru/tkani/nomekc-tkan-pokoryaushhaya-ogon.html> (дата обращения: 16.09.2024).

диоксид титана, который смешивают с несколькими химическими веществами, а затем смесь распыляют на костюм. При воздействии воздуха смесь поглощает диоксид азота и оксид углерода – два основных загрязнителя<sup>2</sup>. Так же ведутся разработки в области создания тканей, покрытых микрокапсулированными веществами, такими как витамины, ароматы, репелленты насекомых, экстракты трав, бактериостаты (увлажняющие вещества).

Ультраинтеллектуальные материалы – чувствуют, реагируют и адаптируются к условиям окружающей среды. Эта категория материалов является одной из самых передовых, она включает сплавы с памятью формы, интеллектуальные полимеры, интегральные жидкости и другие интеллектуальные композиты [6].

Среди изделий, изготовленных из ультраинтеллектуальных материалов, способных транслировать сенсорные данные, можно отметить изделие фирмы «Cute Circuit» известное под названием «Hug Shirt» («Рубашка Объятий»), способное передавать на расстояние тепло, ритм сердца, чувство присутствия и объятий другого человека. Сенсором служит поверхность рубашки, транслятором – сенсорный телефон. Для передачи ощущений необходимо прижать ладони к поверхности изделия. Другим изделием этой фирмы является «Kinetic Dress» (Кинетический костюм или платье), реагирующее на настроение и движения человека меняя окраску, орнамент и исходящий от изделия свет [1].

Интерес представляют изделия из серии «Почтовая»<sup>3</sup>, разработанной Хусейном Чалайном [1, 6]. Серия создана из нетканого материала тайвек (Tyvek), отличающегося легкостью и высокой прочностью, пропускающего воду и пар, но непроницаемого для жидкостей и аэрозолей на водной основе, загрязняющих частиц и пыли. Изделие (костюм, платье) складывается, подобно оригами в абсолютно плоскую форму, превращаясь в конверт и может быть отправлено адресату по почте.

К ультраинтеллектуальным материалам (тканям) относится также и жидкая одежда из баллончика. Для разработки такой одежды

нужны были знания не конструирования и пошива, а знания и понимание химических процессов и физических явлений. Ткань из баллончика – это запатентованный распыляемый нетканый материал мгновенного создания, был получен в Лондонском центре инноваций в области биологических наук<sup>4</sup>. Такая ткань, самосоздающаяся в результате напыления жидкости из баллончика на тело человека или на любую одежду, получила название *Fabrican* (ткань, производящая себя). Готовую одежду из этой ткани можно стирать и использовать многократно<sup>5</sup>. Технология создания такой ультраинтеллектуальной ткани изначально разрабатывалась для моды и здравоохранения. Однако она также может быть использована как для промышленного применения, так и для других целей. В технологии используются экологичные, нелетучие органические соединения не разрушающие озоновый слой и не воздействующие на окружающую природную среду.

Ранее авторами было теоретически обосновано и экспериментально показано, что наиболее перспективным направлением дальнейшего развития системы средств защиты от химических и биологических поражающих агентов является функционализация материалов химически и биологически активными модулями, включающими в свой состав наночастицы металлов и наноразмерные ферментные комплексы, что обеспечивает придание тканевой основе свойств бактерицидности и самодегазации [7–14]. Для практической реализации полученных результатов в виде конечного технологического решения по созданию нового поколения средств защиты от токсичных химикатов и биологических поражающих агентов актуальным является рассмотрение возможности использования инновационных технологий получения тканей из жидких смесей путем аэрозольного нанесения соответствующей рецептуры непосредственно на защищаемый объект, в том числе тело человека.

*Цель работы* – обосновать принципы создания жидких защитных материалов с заданными свойствами химического самоочистки и самодезинфекции.

<sup>2</sup> Инновационная одежда из будущего, существующая уже сейчас. URL: <https://4tololo.ru/content/6001> (дата обращения: 16.09.2024).

<sup>3</sup> Инновационная одежда из будущего, существующая уже сейчас. URL: <https://4tololo.ru/content/6001> (дата обращения: 16.09.2024).

<sup>4</sup> Fabrican Spray-on fabric creates an instant sprayable non-woven fabric. URL: <https://www.fabricanltd.com> (дата обращения: 16.09.2024).

<sup>5</sup> Жидкая паутина: как работает технология одежды «из баллончика». URL: <https://www.m24.ru/articles/nauka/03102022/507591> (дата обращения: 16.09.2024).

Обоснование принципов создания жидких защитных материалов с заданными свойствами химического самоочищения и самодезинфекции осуществлялось аналитическим методом на основании анализа ранее достигнутых результатов исследований, направленных на создание новых функционально активных защитных материалов, обладающих заданными свойствами самодезинфекции и самодезинфекции, а также открытых источников, содержащих информацию о жидких тканях как перспективной форме инновационного текстиля, и открытой научной литературы, посвященной разработке «умных» инновационных материалов с заданными свойствами химической и биологической активности.

Задачами данного исследования являлись: установление возможности создания ультраинтеллектуальных самоконструирующихся защитных материалов с заданными свойствами химического самоочищения и самодезинфекции; изучение способов получения и свойств инновационных материалов для защитной одежды из жидких тканей; выбор направления создания ультраинтеллектуальных защитных материалов с заданными свойствами; формулирование общих методологических подходов к созданию жидких материалов; определение состава баллончиков с жидкой тканью; изучение принципа действия баллончика с жидкой тканью; рассмотрение способов нанесения жидкой ткани; подбор состава смеси для функционализации жидко-рецептурной основы для придания жидким материалам защитных химико-биологических свойств.

**Технология создания жидкой ткани.** Технология создания жидкой ткани заключается в распылении нетканого материала (суспензии) с помощью пистолета – распылителя или аэрозоля, который наносят несколькими слоями на тело, любую поверхность одежды, промышленную продукцию или другие предметы. Основными компонентами суспензии являются: короткие тканевые волокна, специальные полимеры, растворитель.

Волокна ткани, распыленные из суспензии баллончика, оказываясь в воздухе, накладываются друг на друга, формируя слой материи. Роль клея выполняют полимеры, склеивающие волокна, при этом раствори-

тель мгновенно испаряется и на теле человека остается полноценная сухая одежда. Жидкая ткань успешно высыхает не только на теле человека (на коже), одежде, манекене, но даже и на поверхности жидкости.

Изучение механизма получения жидкой ткани показало, что такая нетканая ткань образуется путем перекрестного слипания волокон друг к другу<sup>6</sup>. На *рисунке 1* представлен процесс нанесения жидкой ткани на поверхность тела для формирования майки.

Первоначальная идея создания такой ткани появилась благодаря работе испанского дизайнера-новатора Мануэля Торреса и профессора Пола Лакхема. В 1997 году Мануэль Торрес написал дипломную работу по технологии получения жидкой ткани<sup>7</sup>. Продолжая исследования по возможным направлениям применения ткани из баллончика, разработчикам удалось совместить суспензию волокна со связующими концентратами и получить ткань, которая моментально высыхает и отходит от тела<sup>8</sup>. Через 6 лет М. Торрес доработал вещество (растворитель) и основал компанию *Fabrican Ltd*, которая и по сей день за-



**Рисунок 1** – Нанесение на тело человека нетканой ткани при помощи распылителя с добавлением различных красителей (рисунок адаптирован из Жидкая паутина: как работает технология одежды «из баллончика». URL: <https://www.m24.ru/articles/nauka/03102022/507591>; дата обращения: 16.09.2024)

**Figure 1:** The liquid bonded fabric is sprayed-onto the human body with an aerosol containing various color agents (the figure is adapted from: Liquid web: spray-on clothes what is it? URL: <https://www.m24.ru/articles/nauka/03102022/507591>; date of access 16.09.2024)

<sup>6</sup> Жидкая паутина: как работает технология одежды «из баллончика». URL: <https://www.m24.ru/articles/nauka/03102022/507591> (дата обращения: 16.09.2024).

<sup>7</sup> Жидкая одежда из баллончика. URL: <https://fishki.net/3092383-zhidkaja-odezhda-iz-ballonchika.html> (дата обращения: 16.09.2024).

<sup>8</sup> Одежда будущего. Спрей-одежда будет доступна каждому? (Технологии будущего). URL: <https://dzen.ru/a/XLVQOcg1zwCz-Dgh> (дата обращения: 16.09.2024).

нимается продвижением этой технологии [1]. Авторами технологии показано, что при напылении жидкой ткани на поверхность кожи или на поверхность другой ткани создается защитная пленка, чувствительная к прикосновениям, устойчивая и стерильная, и являющаяся электрическим изолятором<sup>9</sup>. Подробности технологии запатентованы и держатся в секрете.

**Состав баллончиков с жидкой тканью.** Состав баллончиков с нетканой жидкой тканью-паутиной хорошо известен, так как указан на упаковке изделия. На *рисунке 2* представлены некоторые баллончики с жидкой тканью, которые имеются в продаже.

Можно предположить, что М. Торрес когда-то увидел, как действует жидкая паутина пауков в природе и на ее основе создал собственную разработку, добавив в состав наноразмерные волокна хлопка, а позднее и наноразмерные волокна шерсти, льна, шелка, целлюлозы, нейлона, акрила и даже углеродные волокна, чтобы они могли проходить сквозь сопло распылителя, не забивая его<sup>10</sup>.

В настоящее время специалисты работают над жидкими тканями из природных материалов. Такими природными материалами могут быть – кукуруза и морские водоросли, которые безвредны для окружающей



Рисунок 2 – Виды баллончиков с жидкой тканью (рисунок адаптирован из: Технологии жидкого платья Беллы Хадид могут быть использованы для очистки после аварий с нефтяными танкерами. URL: <https://news.myseldon.com/ru/news/index/273080917>; дата обращения: 16.09.2024)

Figure 2: Types of sprays with liquid fabric (the figure is adapted from: The idea of Bella Hadid's spray-on dress may be employed to settle oil ship accidents. URL: <https://news.myseldon.com/ru/news/index/273080917>; date of access: 16.09.2024)

<sup>9</sup> Там же.

<sup>10</sup> Как выглядит революционная «жидкая» одежда, которая распыляется из баллончика. URL: [https://www.pravda.ru/eureka/1797809sam\\_sebe\\_modeler\\_sozdana\\_zhidkaja\\_odezhda\\_kotoraja\\_raspyljaetsja/](https://www.pravda.ru/eureka/1797809sam_sebe_modeler_sozdana_zhidkaja_odezhda_kotoraja_raspyljaetsja/) (дата обращения: 16.09.2024).

<sup>11</sup> Журнал Time 2010 Фрэнк Скотт Серия BBC «The Imaginers».

среды. На *рисунке 3* представлены ткани, содержащие морские водоросли.

Компания *Fabrican Ltd* разработала способ связывания и разжижения волокон, чтобы текстиль можно было распылять из аэрозольного баллончика прямо на тело, одежду или предметы. При контакте с воздухом растворитель за считанные секунды испаряется, и волокна соединяются, образуя полотно. Благодаря полимерному раствору смесь хлопковых или каких-то других волокон плотно ложится поверх кожи, другой ткани или поверхности твердых предметов обеспечивая равномерное покрытие<sup>11</sup>. При необходимости можно растворить уже высушенную одежду или какое-то покрытие, погрузив их в тот же растворитель.

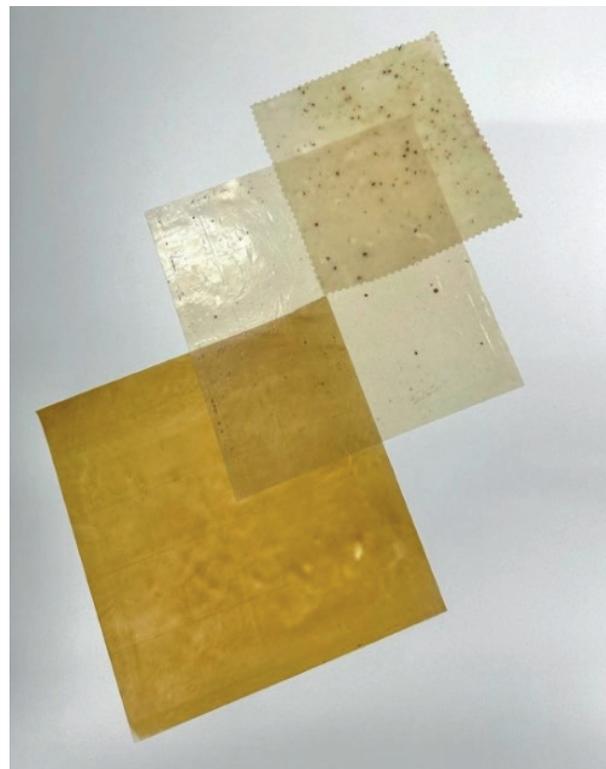


Рисунок 3 – Жидкая ткань с морскими водорослями (рисунок адаптирован из: A Good Scout Always Comes Prepared. URL: <https://www.henryrosedesign.com/work/fabrican>; дата обращения: 16.09.2024)

Figure 3: Liquid fabric with seaweed (the figure is adapted from A Good Scout Always Comes Prepared. URL: <https://www.henryrosedesign.com/work/fabrican>; date of access: 16.09.2024)

**Области применения жидкой ткани.** Технология получения жидких тканей действует как технология – носитель, позволяющая доставлять ароматизаторы или активные вещества как для медицинских целей, так и для защитного применения. Например, с помощью технологии *Fabrican* в медицине можно быстро сделать из стерильной ткани повязку для заживления ран или ожогов, бинты, защитные костюмы или же твердую ткань и использовать в качестве гипса при переломах костей; при добавлении в раствор лекарства можно изготовить пластырь для введения медикаментов в организм через кожу (кроме того можно выбрать спрей, соответствующий тону кожи, чтобы лучше скрыть такой пластырь); можно создать водонепроницаемые покрытия для больниц и госпиталей. Одежда, созданная из жидкой ткани, не имеет швов и готова к ношению сразу после затвердения. Ткань получается не мокрая и не липкая. Ее можно легко снять, постирать, повесить в шкаф, как обычную хлопчатобумажную одежду, или же растворить и заново создать новую одежду. Жидкая ткань может быть создана из разных материалов. Текстура ткани может быть от шерсти и льна до акрила, что позволяет получать одежду или покрытия различного состава, а это означает, что есть выбор, что надеть с учетом погодных условий, времени года, личных предпочтений и для защиты тела человека.

Ткань из баллончика обладает хорошими олеофильными и адсорбционными свойствами, поэтому может быть использована для очистки поверхности вод Мирового океана после аварий с нефтяными танкерами, которые наносят катастрофический ущерб окружающей среде.

На *рисунке 4* представлены некоторые изделия, изготовленные из жидкой ткани. Продолжая исследования по возможному применению жидкой ткани из баллончика, разработчики технологии *Fabrican* показали, что в случае появления дыр, на материале его легко можно починить, залив новым слоем жидкости из баллончика<sup>12</sup>.

Дальнейшая разработка технологии получения жидких материалов позволила создать обувь из нетканого материала на 3D-принтере. Выпуск кроссовок теперь занимает 10 минут, а в качестве исходного материала используются нити.

Таким образом, анализ литературных данных показал, что с помощью аэрозоля можно создавать одежду любого типа и для любых целей – нижнее белье, брюки, кофты, платье, верхнюю одежду и обувь, как для работы, повседневного ношения или на выход, так и для применения в чрезвычайных обстоятельствах. Особый интерес представляет медицинская одежда, перчатки, а также антисептические тканевые повязки и повязки для наложения гипса.

Можно предположить, что в скором будущем указанный способ изготовления одежды будет важен и для военных целей, поскольку такой одежде можно будет придать новые свойства, за счет функционализации (модификации) жидких тканей из аэрозольного баллончика, путем внесения в состав их рецептур специальных добавок. Благодаря специальным добавкам, жидкие ткани могут быть использованы для нанесения на одежду, обмундирование и экипировку в возникших ситуациях, и для придания им свойств химико-биологической защиты или скрывания тепла человеческого тела или двигателей техники. Благодаря этому можно будет защитить жизнь, здоровье военнослужащих и сохранить военную технику. Кроме того, для маскировки, в состав баллончиков можно будет добавлять определенные краски, для получения камуфлированной зеленой с желтым (коричневым) ткани для лета или белой для зимы.

**Принцип действия баллончика с жидкой тканью.** Принцип действия баллончика технологии *Fabrican*<sup>13</sup> представлен на *рисунке 5*, на котором видно, что жидкий материал – наноразмерные волокна хлопка (льна, шерсти, шелка, акрила), находятся в нижней части аэрозольного баллончика, под давлением газообразного компонента пропеллента и смешивается с ним. При нажатии клапана поперечной секции баллона, регулирующего выпуск аэрозоля, происходит выпуск аэрозоля, представляющего собой смесь концентрата жидкой ткани с сжиженным газом, которая по внутренней вертикальной трубке направляется вверх под большим давлением в поперечную секцию баллона и через сопло струей выходит из баллончика и рассеивается на твердой поверхности любого объекта или предмета.

<sup>12</sup> Fabrican Spray-on fabric creates an instant spray able non-woven fabric. URL: <https://www.fabricanltd.com/applications/healthcare/> (дата обращения: 16.09.2024).

<sup>13</sup> From fashion to technology - creating a new material M. Torres. URL: <https://yandex.ru/video/touch/preview/9866090512039480138> (дата обращения: 16.09.2024).

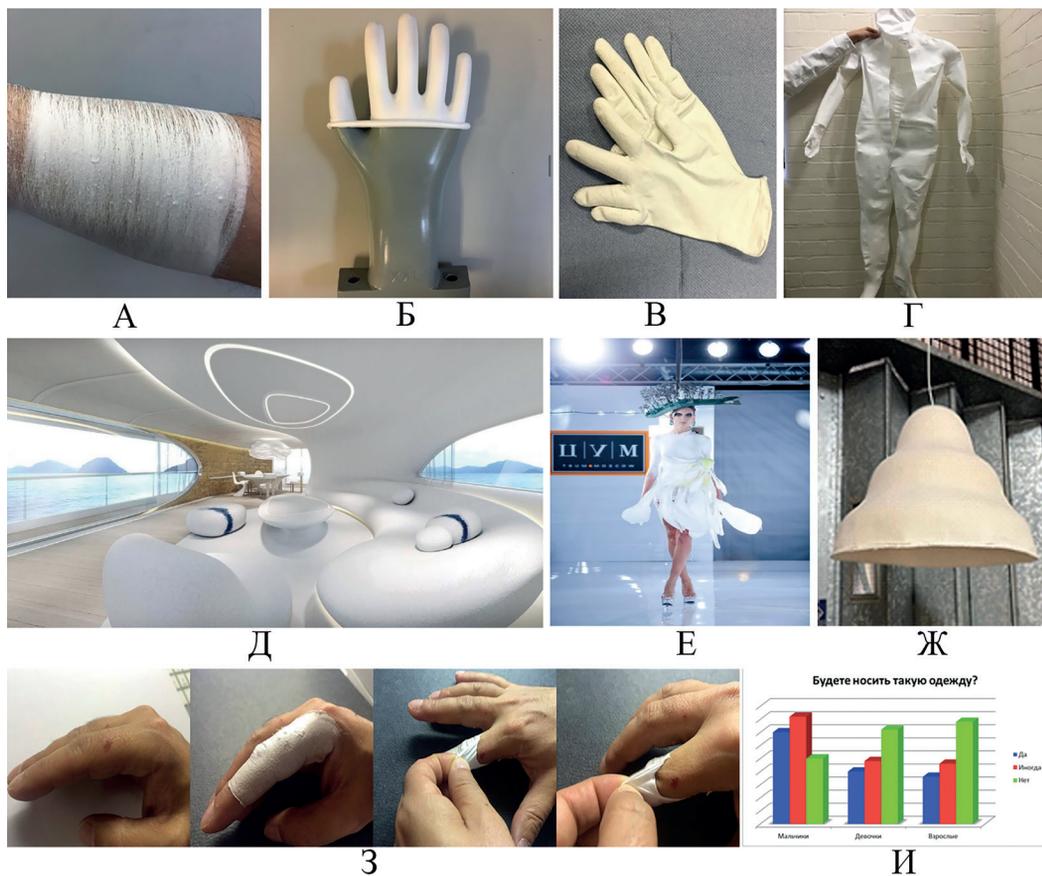


Рисунок 4 – Изделия, изготовленные из жидкой ткани (рисунок адаптирован из На недавней Лондонской неделе моды испанский дизайнер М. Торрес представил так называемый жидкий костюм. URL: <https://www.ntv.ru/novosti/206786/?ysclid=luq010hb4x995579050>; дата обращения: 16.09.2024. Fabrican Spray-on fabric creates an instant spray able non-woven fabric. URL: <https://www.fabricanltd.com/applications/healthcare/> (дата обращения: 16.09.2024). Что думают москвичи об одежде в баллончиках. URL: <https://www.story-news.ru/fashion/ballon/>; дата обращения: 16.09.2024). А – Медицинская септическая повязка; Б – Медицинские перчатки; В – Перчатки с добавлением резины и хлопка; Г – Медицинский комбинезон, изготовленный из жидкой ткани; Д – Дизайн яхты с помощью спрея, содержащего жидкую ткань; Е – Образец светильника; Ж – Одежда, изготовленная из баллончика с жидкой тканью; З – Пример использования жидкой ткани в виде бинта; И – Результаты опроса «Будете носить такую одежду?»

Figure 4: Liquid fabric products (the figure is adapted from: At recent London Fashion Week Spanish designer, M. Torres presented a spray-on liquid clothing. URL: <https://www.ntv.ru/novosti/206786/?ysclid=luq010hb4x995579050>; date of access: 16.09.2024. Fabrican Spray-on fabric creates an instant spray able non-woven fabric. URL: <https://www.fabricanltd.com/applications/healthcare/>; date of access: 16.09.2024. What Moscow residents think of Spray-on clothes? URL: <https://www.story-news.ru/fashion/ballon/>; date of access: 16.09.2024): A, Medical septic bandage; Б, Medical gloves; В, Gloves that contain rubber and cotton; Г, Spray-on liquid medical overalls; Д, Spray-on liquid yacht pattern; Е, Sample of a lamp; Ж, Spray-on liquid clothing; З, Liquid fabric is used as a bandage; И, Results of survey «Would you like to wear something like this?»

Придание жидким материалам защитных химико-биологических свойств. Используя технологию *Fabrican* можно создать жидкую инновационную (ультраинтеллектуальную) ткань, которая может также содержать в своем составе и бактерицидные наночастицы металлов и наноразмерные ферментные полиэлектrolитные комплексы, способные катализировать гидролиз ряда

высокотоксичных соединений, токсинов и продуктов их деструкции [7–11].

Поскольку наноразмерные волокна тканей, входящие в состав жидких тканей, имеют микропоры, то можно предположить, что в эти поры свободно будут проникать наночастицы металлов и наноразмерные ферментные полиэлектrolитные комплексы, добавленные в содержимое баллончика. При

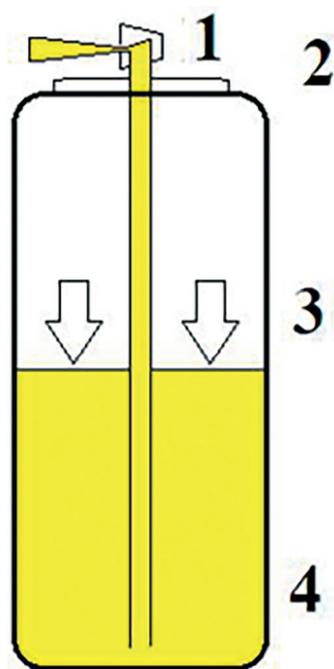


Рисунок 5 - Принцип действия баллончика технологии Fabrican (рисунок адаптирован из: *From fashion to technology - creating a new material* M. Torres. URL: <https://yandex.ru/video/touch/preview/9866090512039480138>; дата обращения 16.09.2024). 1 - Под давлением пропеллента содержимое нижней части баллончика выталкивается наружу при нажатии верхнего клапана; 2 - Газообразное топливо, оказывает давление на смесь жидкой ткани и газа; 3 - Концентрат продукта и сжиженный газ поднимается вверх по внутренней трубке; 4 - Поперечная секция через которую аэрозольный баллон с клапаном регулирует выпуск аэрозоля

Figure 5: Fabrican spray working mode (the figure is adapted from: *From fashion to technology - creating a new material* M. Torres. URL: <https://yandex.ru/video/touch/preview/9866090512039480138>; date of access 16.09.2024). (1) When we press the upper valve the contents at the bottom of the spray is being pushed out under the pressure of a propellant; (2) Gaseous fuel exerts pressure on the mixture of liquid fabric and gas; (3) A concentrated product and liquefied gas go up along inner tube; (4) A cross-sectional block through which an aerosol spray with valve regulates the amount of the sprayed out aerosol

этом возможна самосборка металлоорганического комплекса [12]. В таком металлоорганическом комплексе наночастицы металлов и наноразмерные ферменты будут сохраняться долгое время, как на поверхности одежды, покрытий, медицинских повязок после испарения растворителя и газа (входящих в состав аэрозольного баллончика), так и при

переходе жидкой ткани в твердую форму. Благодаря своей уникальной способности функционализированная «умная» инновационная жидкая ткань будет защищать от высокотоксичных соединений, токсинов и продуктов их деструкции, а также от болезнетворных микроорганизмов, а модифицированная технология будет способствовать созданию более удобной, безопасной и здоровой жизни [13].

Технологическая инновация – распыление защитного нетканого материала непосредственно на одежду произведет революцию в области обеспечения индивидуальной защиты от поражающих факторов химической и биологической природы. Мгновенное создание защитного слоя такого нетканого ультраинтеллектуального материала не требует предварительного формирования, пошива, а также хранения в особых условиях и в течение определенного времени. Новаторская идея состоит в том, что создается жидкая суспензия, в которую кроме наноразмерных волокон тканей будет входить: вода, тетрафторэтан (или другой газ), углеводородный растворитель, пигментный краситель, наночастицы металлов и наноразмерные ферментные полиэлектролитные комплексы. Эта технология может быть адаптирована к применению в медицине, гигиене, при создании средств индивидуальной и коллективной защиты, при ликвидации разливов нефти, в автомобильном и промышленном дизайне, моде, спорте. Технология может стать прорывной, так как снижает промышленную цепочку поставок, делая ее более эффективной и уменьшает зависимость от зарубежных поставок компонентов изделий.

Подбор состава смеси из наночастиц металлов и наноразмерных ферментных полиэлектролитных комплексов для функционализации (модификации) жидкой нетканой основы очень важен для придания ей заданных свойств самоочистки (самодегазации) и самодезинфекции. Благодаря своей уникальной способности самосборки, такая «умная» инновационная ткань сможет защищать от болезнетворных микроорганизмов, высокотоксичных и токсичных соединений, токсинов и продуктов их деструкции [14].

#### Выводы

1. Технология создания жидких «умных» инновационных тканей и одежды из них имеет большой потенциал для использования в сфере обеспечения национальной безопасности и обороны Российской Федерации.

2. Предложен принципиальный подход к функционализации рецептур типа *Fabrican*, являющихся основой для создания жидких тканей, химически и биологически активными компонентами, которые придадут рассматриваемым ультраинтеллектуальным

тканям свойства самосборки, самоочистки (самодегазации) и самодезинфекции.

3. Обоснован подбор компонентов в состав рецептуры жидких тканей типа *Fabrican* для придания им защитных химико-биологических свойств.

#### Ограничения исследования / Limitations of the study

Данный аналитический обзор имеет ряд ограничений, а именно: 1) исследование основывается на анализе открытых источников, включая литературные источники, технические описания, инструкции по применению, открытую научную и публицистическую литературу; 2) анализ научной и публицистической литературы, технических описаний и инструкций по применению жидких тканей может не охватывать все аспекты их функционирования и потенциальных ограничений; 3) разработка конечных технологических решений в виде баллончиков с рецептурами для создания жидких тканей, обладающих заданными защитными свойствами от химических и биологических поражающих факторов требует тщательного проектирования и может иметь технические ограничения; 4) анализ создания «умных» инновационных жидких тканей за рубежом основывается на открытых источниках и может не отражать полную картину их разработок, применения и эффективности / This analytical review has a number of limitations, such as: (1) the study is based on the analysis of open sources, including academic sources, technical specifications, user manuals and available scientific publications; (2) the analysis of scientific academic sources and publications, technical specifications and user manuals for liquid fabrics may not cover all aspects of their functionality and potential limitations; (3) the development of sprays that will help to create liquid fabrics properties of which will ensure protection from chemical and biological destructive effects requires careful design and may have technical limitations; (4) the analysis of the development of “smart” innovative liquid fabrics abroad is based on the open sources data and may not reflect the complete range of their application and efficiency.

#### Список источников / References

1. Алибаева АС, Володева НА, Ибраева АБ. Тенденции использования инновационного текстиля в современной практике дизайна одежды. *Международный научно-исследовательский журнал. Казахская национальная академия искусств им. Т. Жургенова*. 2019;4(82).  
<https://doi.org/10.23670/IRJ.2019.82/4/039>

Alibaeva AS, Volodeva NA, Ibrayeva AB. Trends in the use of innovative textile in modern practice of clothing design. *Kazakh National of Arts named after T. Zhurgenova*. 2019;4(82) (in Russian).  
<https://doi.org/10.23670/IRJ.2019.82/4/039>

2. Кокцинская ЕМ. «Умные материалы» и их применение. *Видионаука*. 2016;1(1):1–17.

Kaczynska EM. «Smart materials» and their applications. *Videnauka*. 2016;1(1):1–17 (in Russian).

3. Маслов АА, Макарова ТЛ. Нанотехнологии в проектировании одежды. *Новое в технике и текстильной легкой промышленности: Доклады Международной научно-технической конференции 25–26 ноября 2015*. 2015. С. 174–6.

Maslov AA, Makarova TL. New in technology and textile light industry. *Materials of reports of the International Scientific and Technical Conference November 25–26, 2015*. 2015. P. 174–6 (in Russian).

4. Ситников НН, Хабибуллина ИА, Машченко ВИ. Самовосстанавливающиеся материалы: обзор механизмов самовосстановления и их применений. *Видионаука*. 2018;1(9):2–30.

Sitnikov NN, Khabibullina IA, Mashchenko VI. Self-healing materials and their applications. *Videnauka*. 2016;1(9):2–30 (in Russian).

5. Urban MW. *Stimuli responsive materials from molecules to nature mimicking materials*. Royal Society of Chemistry; 2016. 475 p.

6. Шилько СВ, Плещачевский ЮМ. «Умные материалы»: время убирать кавычки. *Наука и Инновации*. 2013;9(127):26–9.

Shilko SV, Pleskachhevsky YuM. «Smart materials»: time to remove quotes. *Science and Innovations*. 2013;9(127):26–9 (in Russian).

7. Завьялов ВВ, Завьялова НВ, Холстов ВИ, Ковтун ВА, Гореленков ВК, Фролов ГА и др. Противохимические свойства модульного защитного материала. *Вестник войск РХБ защиты*. 2022;6(1):12–25. EDN: OMBIWN.

<https://doi.org/10.35825/2587-5728-2021-6-1-12-27>

Zavyalov VV, Zavyalova NV, Kholstov VI, Kovtun VA, Gorelenkov VK, Frolov GA, et al. Anti-chemical properties of modular protective material. *Journal of NBC Protection Corps.* 2022;6(1):12–25 (in Russian). EDN: OMBIWN.

<https://doi.org/10.35825/2587-5728-2021-6-1-12-27>

8. Филимонов ИВ, Янковская АА, Кужелко СВ, Завьялов ВВ, Завьялова НВ, Холстов ВИ и др. Исследование в сфере перспективного использования химико-биологических и медицинских биокаталитических технологий в интересах Вооруженных Сил. *Вестник войск РХБ защиты.* 2018;2(2):18–50.

<https://doi.org/10.35825/2587-5728-2018-2-2-18-50>

Filimonov IV, Yankovskaya AA, Kujelko SV, Zavyalov VV, Zavyalova NV, Kholstov VI, et al. Reserch in the perspective use of biochemical and medical biocatalytic technologies in the interests of armed forces. *Journal of NBC Protection Corps.* 2018;2(2):18–50 (in Russian).

<https://doi.org/10.35825/2587-5728-2018-2-2-18-50>

9. Завьялов ВВ, Кужелко СВ, Завьялова НВ, Холстов ВИ, Ковтун ВА, Таранченко ЮФ и др. Современные направления создания новых защитных материалов и тканей для средств индивидуальной и коллективной защиты от токсичных химикатов и клеток патогенов. *Вестник войск РХБ защиты.* 2019;3(3):217–54. EDN: DEOJVF.

<https://doi.org/10.358.25/2587-5728-2019-3-3-217-254>

Zavyalov VV, Kujelko SV, Zavyalova NV, Kholstov VI, Kovtun VA, Taranchenko YuF, et al. Modern directions of creating new protective materials and tissues for means of individual and collective protectionagaist toxic chemicals and pathogenic microorganisms. *Journal of NBC Protection Corps.* 2019;3(3):217–54 (in Russian). EDN: DEOJVF.

<https://doi.org/10.358.25/2587-5728-2019-3-3-217-254>

10. Завьялов ВВ, Завьялова НВ, Холстов ВИ, Ковтун ВА, Гореленков ВК, Фролов ГА и др. Бактерицидные свойства модульных защитных материалов. *Вестник войск РХБ защиты.* 2022;6(2):113–26. EDN: OMBIWN.

<https://doi.org/10.35825/2587-5728-2022-6-2-113-126>

Zavyalov VV, Zavyalova NV, Kholstov VI, Kovtun VA, Gorelenkov VK, Frolov GA, et al. Bactericidal properties of modular protective material. *Journal of NBC Protection Corps.* 2022;6(2):113–26 (in Russian). EDN: OMBIWN.

<https://doi.org/10.35825/2587-5728-2022-6-2-113-126>

11. Завьялов ВВ, Завьялова НВ, Холстов ВИ, Ковтун ВА, Фролов ГА, Гореленков ВК и др. Модульные защитные материалы, нейтрализующие токсины (фосфорорганические соединения и микотоксины) и проявляющие биоцидность к клеткам грамположительных и грамотрицательных бактерий. *Вестник войск РХБ защиты.* 2022;6(3): 229–42.

<https://doi.org/10.35825/2587-5728-2022-6-3-229-242.7>

Zavyalov VV, Zavyalova NV, Kholstov VI, Kovtun VA, Frolov GA, Gorelenkov VK, et al. Modular protective materials neutralizing toxins (organophosphorus compounds and mycotoxins) and exhibiting biocidity togram-positive and gram-negative dfcterial cells. *Journal of NBC rotection Corps.* 2022;6(3): 229–42 (in Russian). EDN:HQPBUU.

<https://doi.org/10.35825/2587-5728-2022-6-3-229-242>

12. Завьялов ВВ, Завьялова НВ, Холстов ВИ, Ковтун ВА, Гореленков ВК, Фролов ГА и др. Совместное действие металлических и ферментативных наночастиц, используемых для функционализации защитных самоочищающихся материалов, нейтрализующих фосфорорганические соединения и обладающих бактерицидной активностью. *Вестник войск РХБ защиты.* 2023;7(2):107–26. EDN: jzeivh.

<https://doi.org/10.35825/2587-2023-7-2-107-126>

Zavyalov VV, Zavyalova NV, Kholstov VI, Kovtun VA, Gorelenkov VK, Frolov GA, et al. The joint action of metal and enzymatic nanoparticles used for functionalization of propective self-cleaning materials neutralizing organophosphates and possessing bactericide activity. *Journal of NBC Protection Corps.* 2023;7(2):107–26 (in Russian). EDN: jzeivh. <https://doi.org/10.35825/2587-2023-7-2-107-126>

13. Завьялов ВВ, Завьялова НВ, Холстов ВИ, Ковтун ВА, Гореленков ВК, Фролов ГА и др. Использование модульности на основе металлоорганических каркасных структур с заданными свойствами для создания современных средств защиты. *Вестник войск РХБ защиты.* 2021;5(2):165–72. EDN: MVUOJD.

<https://doi.org/10.35825/2587-5728-2021-5-2-165-172>

Zavyalov VV, Zavyalova NV, Kholstov VI, Kovtun VA, Gorelenkov VK, Frolov GA, et al. Use of Modularity as a Principle of Desigan of Metal-organic Framework-based Materials with Specified Properties for Creating Modern Protective Equipment. *Journal of NBC Protection Corps.* 2021;5(2):165–72 (in Russian). EDN: MVUOJD.

<https://doi.org/10.35825/2587-5728-2021-5-2-165-172>

14. Завьялов ВВ, Завьялова НВ, Холстов ВИ, Гореленков ВК, Фролов ГА, Лягин ИВ и др. Стратегия разработки современных средств защиты на основе металлоорганических комплексов с заданными свойствами. *Вестник войск РХБ защиты*. 2020;4(3):305–37. EDN: UJYEL.  
<https://doi.org/10.35825/2587-5728-2020-4-3-305-327>

Zavyalov VV, Zavyalova NV, Kholstov VI, Gorelenkov VK, Frolov GA, Lyagin IV, et al. Strategy for development of modern protective equipment based on organometallic complexes with desired properties. *Journal of NBC Protection Corps*. 2020;4(3):305–37. (in Russian). EDN: UJYEL.  
<https://doi.org/10.35825/2587-5728-2020-4-3-305-327>

#### **Вклад авторов / Authors' contributions**

Все авторы подтверждают соответствие своего авторства критериям ICMJE. Наибольший вклад распределен следующим образом: **В.В. Завьялов** – формирование концепции статьи, написание текста рукописи; **М.П. Шабельников** – критический пересмотр и коррекция текста рукописи; **Е.Ю. Басова** – сбор и анализ данных научной литературы по проблематике статьи, переработка текста рукописи, подготовка иллюстративных материалов; **Н.В. Завьялова** – научный анализ и редактирование текста рукописи; **В.А. Ковтун** – корректировка концепции статьи и научный анализ текста рукописи; **В.И. Холстов** – анализ научной литературы по проблематике статьи, окончательное утверждение концепции статьи и текста рукописи для публикации / All authors confirm that they meet the International Committee of Medical Journal Editors (ICMJE) criteria for authorship. The most significant contributions are as follows: **V.V. Zavyalov** has formulated the concept of the study, has written the text of the article, **M.P. Shabelnikov** has revised the text and has made necessary amendments to it; **E.Yu. Basova** has collected and analyzed the scientific data on the topic, has revised the text, has provided illustrations; **N.V. Zavyalova** has analyzed and edited the text; **V.A. Kovtun** has made amendments to the concept of the article and has analyzed the text of the article; **V.I. Kholstov** has analyzed academic sources on the topic, has approved a final version of the article for publication.

#### **Сведения о рецензировании / Peer review information**

Статья прошла двустороннее анонимное «слепое» рецензирование двумя рецензентами, специалистами в данной области. Рецензии находятся в редакции журнала и в РИНЦе / The article has been doubleblind peer reviewed by two experts in the respective field. Peer reviews are available from the Editorial Board and from Russian Science Citation Index database.

#### **Об авторах/ Authors**

Федеральное государственное бюджетное учреждение «27 Научный центр имени академика Н.Д. Зелинского» Министерства обороны Российской Федерации, 111024, Российская Федерация, г. Москва, проезд Энтузиастов, д. 19.

*Завьялов Василий Владимирович*. Старший научный сотрудник, кандидат химических наук.

*Шабельников Максим Петрович*. Заместитель начальника Центра по НИР, кандидат технических наук.

*Басова Елизавета Юрьевна*. Младший научный сотрудник.

*Завьялова Наталья Васильевна*. Главный научный сотрудник, профессор, доктор биологических наук.

*Ковтун Виктор Александрович*. Начальник Центра, доцент, кандидат химических наук.

*Холстов Виктор Иванович*. Член диссерт. совета Центра, профессор, доктор химических наук.

**Контактная информация для всех авторов:** 27 nc\_1@mil.ru

**Контактное лицо:** Завьялова Наталья Васильевна; 27 nc\_1@mil.ru

27 Scientific Center Named after Academician N.D. Zelinsky of the Ministry of Defence of Russian Federation, Russian Federation, Moscow 111024, Entuziastov Proezd, 19.

*Vasily V. Zavyalov*. Senior Researcher. Cand. Sci. (Chem.).

*Maxim P. Shabelnikov*. Deputy Head of the Centre for Research Work. Cand. Sci. (Techn.).

*Elizaveta U. Basova*. Junior scientific worker.

*Natalya V. Zavyalova*. Leading Researcher. Dr Sci (Biol.), Professor.

*Viktor A. Kovtun*. Head of the Centre. Cand. Sci. (Chem.). Associate Professor.

*Viktor I. Kholstov*. Member of the Dissertation Council of the Centre. Dr Sci. (Chem.). Professor.

**Contact information for all authors:** 27 nc\_1@mil.ru

**Contact person:** Natalya V. Zavyalova; 27 nc\_1@mil.ru