

## Разработка порошковой рецептуры для эффективного удаления токсических химикатов из текстильного материала

П.Н. Колесников, В.П. Хантов

Федеральное государственное казенное военное образовательное учреждение  
высшего образования «Военная академия радиационной, химической  
и биологической защиты имени Маршала Советского Союза С.К. Тимошенко»  
Министерства обороны Российской Федерации,  
156015, Российская Федерация, г. Кострома, ул. Горького, д. 16

Поступила 09.10.2017 г. Принята к публикации 04.12. 2017 г.

Жидкий токсичный химикат (ТХ) в текстильном материале удерживается капиллярными силами в порах нитей, имеющих диаметр менее 20 мкм, поэтому основную часть жидкой фазы ТХ дегазирующими порошковыми композициями, состоящими из микрочастиц, удалить не удастся. Цель работы – разработка порошковой рецептуры, позволяющей дегазировать пористые текстильные материалы, зараженных каплями ТХ. При разработке такой рецептуры мы исходили из того, что для увеличения доли удаленной жидкой фазы ТХ из пористой структуры материала необходимо уменьшить размер частиц дегазирующего порошка настолько, чтобы их диаметр был меньше диаметра пор, образованных волокнами. В результате проведенных исследований, нами разработана порошковая рецептура, дегазирующий эффект которой достигается благодаря капиллярному эффекту, создаваемому включенными в состав рецептуры наночастицами, проникающими в поры нитей текстильного материала. Дегазирующая рецептура содержит (масс.)  $\text{Al}_2\text{O}_3$  12 % и  $\text{SiO}_2$  88 % с полидисперсными микрочастицами – 85 % (масс.) и наночастицами – 15 % (масс.). Требуемая полнота дегазации достигается при удалении более (30±7) % жидкой фазы токсичных химикатов (ТХ). Эти условия соблюдаются при применении порошковых рецептур с размером частиц менее 50 мкм. Разработанная рецептура позволяет удалить более 80 % жидкой фазы ТХ, что обеспечивает требуемую полноту дегазации специальной обработки боевой экипировки военнослужащего.

**Ключевые слова:** боевая экипировка военнослужащего; дегазация; капиллярные силы; микрочастицы; наночастицы; порошковые рецептуры; специальная обработка; текстильные материалы; токсичные химикаты.

**Библиографическое описание:** Колесников П.Н., Хантов В.П. Разработка порошковой рецептуры для эффективного удаления токсических химикатов из текстильного материала // Вестник войск РХБ защиты. 2017. Т. 1. № 4. С. 41–49.

Одним из ключевых принципов дегазации текстильных материалов является удаление жидких токсичных химикатов (ТХ) [1]. В настоящее время в России для дегазации текстильных материалов, в том числе и боевой экипировки военнослужащего (БЭВ), применяются порошковые дегазирующие рецептуры «АСК», «П-9», «ПС-1ХП», «ДПП» в пакетах «ДПС-1», «ДПП», «ДПП-М», «ДПП-М1» соответственно [2, 3]. Они предназначены для дегазации обмун-

дирования, зараженного ТХ. Рецептура «АСК» представляет собой сорбент, содержащий (масс.):  $\text{Al}_2\text{O}_3$  14 % и  $\text{SiO}_2$  86 %. В рецептуре «П-9» используется (масс.): 50 % активного окислителя, 50 % сорбента, из которых  $\text{SiO}_2$  составляет 5 %. Рецептура «ПС-1ХП» состоит из (масс.): 46 % активного окислителя, 54 % сорбента, из которых  $\text{SiO}_2$  и  $\text{Al}_2\text{O}_3$  составляют 30,6 и 5,4 % соответственно. Дегазирующий порошок «ДПП» содержит (масс.): 30 % активного окислителя и 70 % сорбента, из

которых  $\text{SiO}_2$  и  $\text{Al}_2\text{O}_3$  составляют 32,6 и 5,4 % соответственно [2, 3]. Рецепт «П-9» имеет диаметр частиц до 100 мкм, «ПС-1ХП» – до 50 мкм [2], «ДПП» – до 50 мкм [3], АСК – до 100 мкм [2].

За рубежом для дегазации текстильных материалов также используют порошковые композиции. Например, на основе хлорной извести, оксида магния и гидрофобной кремниевой кислоты, приготовленной путем смешения этих компонентов в следующей пропорции (масс. %): хлорная известь – 65 % (активный окислитель), оксид магния – 33 % (хемосорбент) и кремниевая кислота 2 % [4], или смеси бентонита, активированного угля и оксида кальция [5]. Показана возможность дегазации ТХ на зараженной поверхности с использованием активированной окиси алюминия, монопероксифталата магния, Ag-цеолитов и Na-цеолитов в качестве сорбентов для разложения этих веществ [6]. Для дегазации ТХ, таких как зарин, зоман, табун (G-агенты) и VX используется дегазирующая композиция «M-291», содержащая адсорбирующий порошок «Abergard XE-555» [7]. Перечисленные иностранные дегазирующие рецептуры содержат в разных процентных отношениях  $\text{SiO}_2$  и  $\text{Al}_2\text{O}_3$ , за исключением «Abergard XE-555». Данные по диаметру частиц порошковых дегазирующих рецептур иностранных государств отсутствуют.

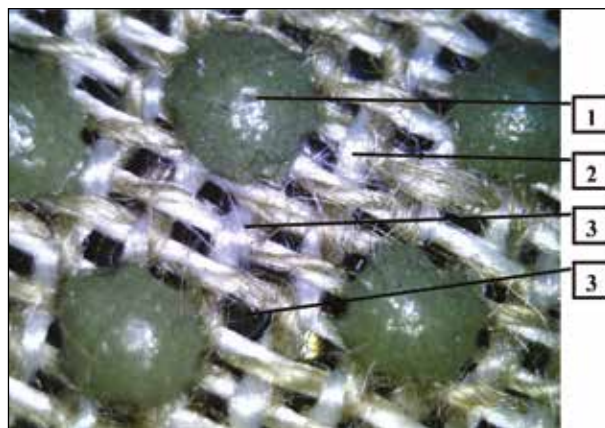
Из-за того, что жидкость в текстильном материале удерживается капиллярными силами в порах нитей, имеющих диаметр менее 20 мкм, основную часть жидкой фазы ТХ удалить не удастся [8–11], так как для этого необходимо приложить значительно большие капиллярные силы, чем силы, которые удерживают ее в поровом пространстве ткани. Отсюда следует, что для увеличения доли удаленной жидкой фазы ТХ из пористой структуры материала необходимо уменьшить размер частиц дегазирующего порошка настолько, что бы их диаметр был меньше диаметра пор, образованных волокнами [12].

Цель работы – разработка порошковой рецептуры для дегазации пористых текстильных материалов, зараженных каплями ТХ.

#### Материалы и методы

В исследованиях использовали текстильные материалы, порошки и жидкости.

В качестве текстильных материалов использовали четыре образца. Они соответствовали техническим условиям ТУ 8318-011-10725218-96, артикулам 405, 3303, 3306 [13]. Фотография материала с дискретным полимерным покрытием, соответствующая ТУ 8318-011-10725218-96 представлена на рисунке 1. На нем видно, что на текстильную основу (2) нанесено дискретное полимерное покрытие (1). Сама текстильная основа представляет собой материал полотнянного пе-



**Рисунок 1** — Фотография верхнего слоя общевойскового защитного комплекта фильтрующего (увеличение в 20 раз, вид сверху). 1 – дискретное полимерное покрытие; 2 – текстильная основа; 3 – нити; 4 – межниточное пространство)

реплетения. Между нитями (3) имеется межниточное пространство (4).

Микрофотосъемку всех образцов проводили с применением устройства сопряжения оптического микроскопа с ПЭВМ. Оно разработано авторами и защищено рационализаторским предложением в ВАРХБЗ в 2014 г. Устройство состоит из оптического микроскопа Микромед-2, USB микроскопа Supereyes 008, специальной насадки, совмещающей оба микроскопа и ПЭВМ с установленным программным обеспечением Supereyes 3.35 microscop.

В качестве жидкостей использовали О-этил-S-β-диизопропиламиноэтилметилфосфонат и дибутилфталат. О-этил-S-β-диизопропиламиноэтилметилфосфонат соответствовал требованиям ОТТ 7.2.311-91, а дибутилфталат – ГОСТ 8728-88 [9-10].

В качестве порошков использовали рецептуры двух разных химических составов. Одна из них входила в состав табельного пакета ДПС-1 и соответствовала ГОСТ-217713 [11]. Она состояла из микрочастиц разных фракций. При этом в исследованиях использовали не исходную полидисперсную рецептуру, а ее монодисперсные фракции. Фракции порошка указаны в таблице 1. Их получали путем просеивания исходной полидисперсной рецептуры через сита фирмы RETSCH с требуемым сечением ячеек на виброприводе ВП 30Т.

Разработанная авторами порошковая рецептура имела новый качественный и количественный состав (масс.):  $\text{Al}_2\text{O}_3$  12 % и  $\text{SiO}_2$  88 %, с полидисперсными микрочастицами (с диаметром частиц менее 20 мкм) – 85 % (масс.) и наночастицами – 15 % (масс.). Микрочастицы получали указанным выше методом. Разработанную порошковую рецептуру получали механическим смешением микрочастиц и нано-

**Таблица 1** — Доля оставшейся жидкой фазы в текстильном материале после обработки порошковой рецептурой

Время, мин	Доля оставшейся жидкой фазы (%) в текстильном материале после обработки порошковой рецептурой с различным диаметром частиц				
	менее 20 мкм с наночастицами	20 мкм	30 мкм	50 мкм	100 мкм
Дибутилфталат	20±2	53±3	58±4	68±7	93±9
О-этил-S-β-диизопропил-аминоэтилметилфосфонат	18±2	52±3	57±4	67±7	92±9
Полнота дегазации	+	+	+	±	-

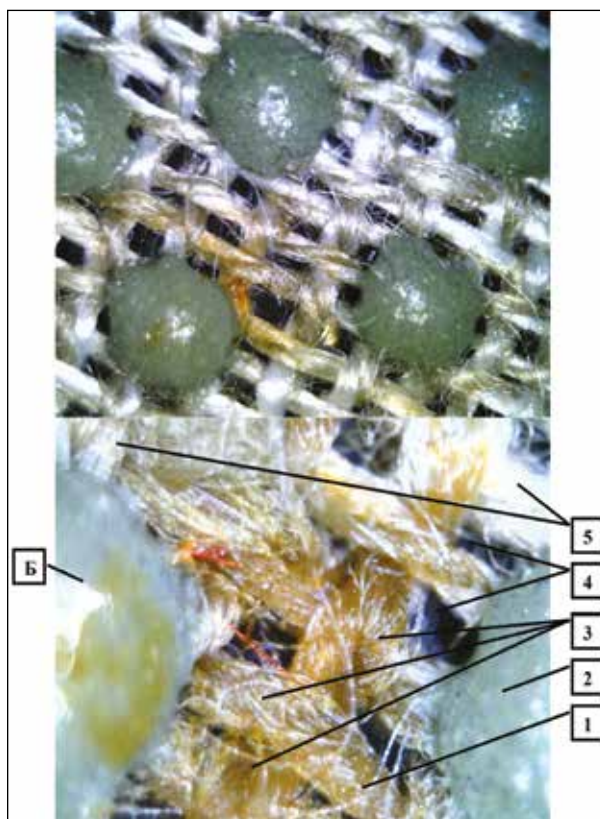
Примечание.  
Полнота дегазации достигается «+», не достигается «-», достигается не во всех случаях «±».

частиц. Частицы соответствовали ГОСТ 217713 и ГОСТ 14922-77 [11, 12].

Для разработки метода исследования процесса удаления жидкости из текстильных материалов с порошками повторяли технологию обработки порошковыми рецептурами экипировки военнослужащего, зараженную каплями ТХ. Она включала последовательное нанесение на текстильные материалы капель и порошков. Новым в этих исследованиях являлся определяемый экспериментально показатель «доли удаленной жидкой фазы из текстильных материалов с порошком». Его определяли следующим образом [15, 16]. Массу испытуемых образцов определяли путем взвешивания на аналитических весах с точностью до 0,0005 г. Далее на них наносили калиброванные по массе капли О-этил-S-β-диизопропиламиноэтилметилфосфоната или его имитатора дибутилфталата с заданной плотностью заражения. Для создания требуемой плотности заражения на ткань наносилось требуемое количество капель. Их наносили дискретно. В результате взаимодействия капли с текстильным материалом образовывался локальный участок заражения (фотография представлена на рисунке 2).

В качестве текстильного материала представлен верхний слой общевоинского защитного комплекта фильтрующего. На нем обозначен буквами «А» – зараженный каплями материал, «Б» – локальный участок заражения. На фотографиях видно, что на текстильную основу (1) нанесена капля жидкости. В результате образовался локальный участок заражения. В этой области межволоконные поры нити заполнены жидкой фазой О-этил-S-β-диизопропиламиноэтилметилфосфоната (3). При этом межниточное пространство локального участка заражения не заполнено жидкостью (4). За пределами локального участка заражения межволоконное пространство нити заполнено воздухом (5).

Исследуемые образцы выдерживали определенное время от начала нанесения капель,



**Рисунок 2** — Фотография верхнего слоя общевоинского защитного комплекта фильтрующего, на который нанесена капля О-этил-S-β-диизопропиламиноэтилметилфосфоната.

(А – зараженный каплями материал, увеличение в 20 раз, вид сверху; Б – локальный участок заражения, увеличение в 50 раз, вид сверху; 1 – текстильная основа; 2 – дискретное полимерное покрытие; 3 – межволоконные поры нити заполнены жидкой фазой О-этил-S-β-диизопропиламиноэтилметилфосфоната; 4 – межниточное пространство локального участка заражения без О-этил-S-β-диизопропиламиноэтилметилфосфоната; 5 – межволоконные поры нити без жидкости)

именуемое в дальнейшем «экспозицией заражения». Массу образцов определяли сразу после заражения и по истечении «экспозиции заражения». Количество жидкой фазы в образце рассчитывали по уравнению [15]:

$$m_{\text{ж.ф.}} = m_2 - m_1, \quad (1)$$

где  $m_{\text{ж.ф.}}$  – масса жидкой фазы вещества (имитатора) в образце;

$m_2$  – масса образца после «экспозиции заражения»;

$m_1$  – масса чистого образца.

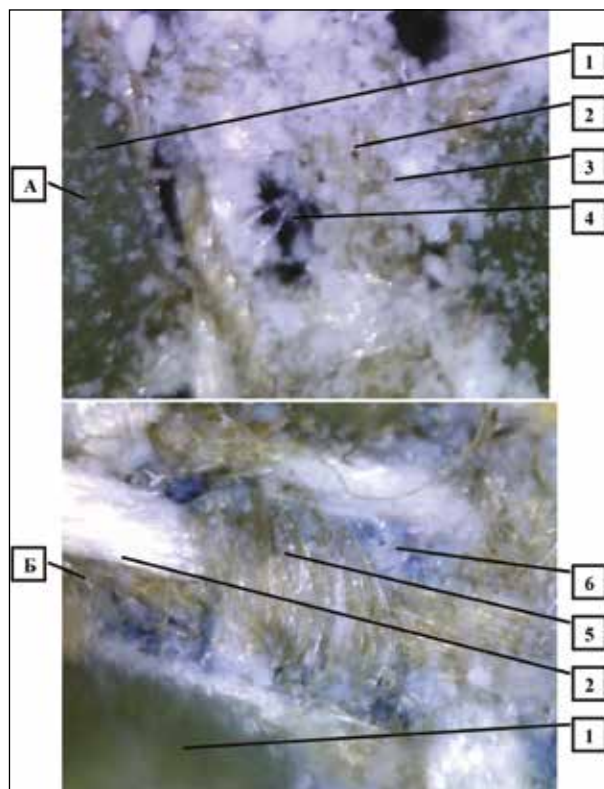
В дальнейшем на зараженные образцы наносили навески порошковой рецептуры и равномерно распределяли по всей его поверхности. На рисунке 3 в качестве текстильного материала представлен верхний слой общевого защитного комплекта фильтрующего. Буквой «А» обозначен материал, на который нанесена табельная порошковая рецептура с микрочастицами, а буквой «Б» – материал, на который нанесена порошковая рецептура с наночастицами.

На рисунке 3 видно, что в результате применения табельной порошковой рецептуры микрочастицы удерживаются на нитях за счет адгезии. При этом из межниточного пространства они слетают. Применение разработанной порошковой рецептуры позволяет не только заполнять межволоконные поры нити и межниточное пространство, но и удерживаться там порошку с наночастицами. Таким образом, изменение адгезионных свойств нового дегазирующего порошка по сравнению с табельным образцом определяется его особой структурой и наличием наночастиц.

Далее определяли массу образцов с нанесенной порошковой рецептурой. Затем выдерживали образцы определенное время от начала нанесения рецептуры, именуемое в дальнейшем «экспозицией дегазации». По истечении «экспозиции дегазации» образцы переворачивали на 1–2 с для удаления сухой порошковой рецептуры с поверхности [15].

На рисунке 4 представлены фотографии текстильных материалов, зараженных каплями О-этил-S-β-диизопропиламиноэтилметилфосфоната и обработанных порошковыми рецептурами. Буквой «А» обозначен верхний слой общевого защитного комплекта фильтрующего, на который нанесена табельная порошковая рецептура с микрочастицами.

На фотографии видно, что межволоконные поры нити заполнены жидкой фазой О-этил-S-β-диизопропиламиноэтилметилфосфоната (2). При этом в межниточном пространстве нет жидкости и микрочастиц (4). Микроастицы находятся на нитях (3). Микроастицы,

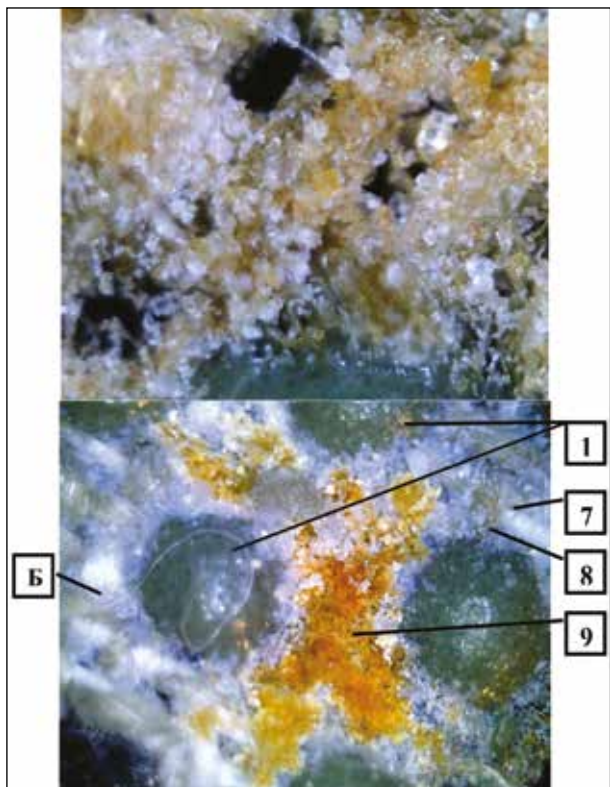


**Рисунок 3** — Фотографии верхнего слоя общевого защитного комплекта фильтрующего, на который нанесены порошковые рецептуры (А – материал, на который нанесена табельная порошковая рецептура с микрочастицами, увеличение в 50 раз, вид сверху; Б – материал, на который нанесена порошковая рецептура с наночастицами, увеличение в 100 раз, вид сверху; 1 – дискретное полимерное покрытие; 2 – текстильная основа; 3 – микроастицы прилипли к нитям; 4 – межниточное пространство без микроастиц; 5 – межволоконные поры нити, заполненные порошком с наночастицами; 6 – межниточное пространство, заполненное порошком с наночастицами)

находящиеся на локальном участке заражения, впитали жидкую фазу О-этил-S-β-диизопропиламиноэтилметилфосфоната из нитей (5). Микроастицы, находящиеся на нитях, но за пределами локального участка заражения, не впитали жидкую фазу (6).

Буквой «Б» обозначен верхний слой общевого защитного комплекта фильтрующего, на который нанесена порошковая рецептура с наночастицами. На рисунке видно, что в районе локального участка заражения межволоконные поры нити и межниточное пространство заполнено микроастицами и наночастицами, в которые впиталась жидкая фаза О-этил-S-β-диизопропиламиноэтилметилфосфоната (9).

При этом наблюдается сходство и различие в удалении жидкости с микроастицами. Сход-



**Рисунок 4** — Фотографии текстильных материалов, зараженных каплями *O*-этил-*S*- $\beta$ -диизопропил-аминоэтилметилфосфоната и обработанных порошковыми рецептурами

(*A* – верхний слой общевоевого защитного комплекта фильтрующего, на который нанесена табельная порошковая рецептура с микрочастицами, увеличение в 50 раз, вид сверху; *B* – верхний слой общевоевого защитного комплекта фильтрующего, на который нанесена порошковая рецептура с наночастицами, увеличение в 20 раз, вид сверху; 1 – дискретное полимерное покрытие; 2 – межволоконные поры нити, заполненные жидкой фазой *O*-этил-*S*- $\beta$ -диизопропиламиноэтилметилфосфоната; 3 – микрочастицы прилипли к нитям; 4 – межниточное пространство без микрочастиц и жидкости; 5 – микрочастицы с жидкой фазой *O*-этил-*S*- $\beta$ -диизопропиламиноэтилметилфосфоната; 6 – микрочастицы без жидкой фазы *O*-этил-*S*- $\beta$ -диизопропиламиноэтилметилфосфоната; 7 – межволоконные поры нити, заполненные порошком с наночастицами без жидкой фазы *O*-этил-*S*- $\beta$ -диизопропиламиноэтилметилфосфоната; 8 – межниточное пространство, заполненное порошком с наночастицами без жидкой фазы *O*-этил-*S*- $\beta$ -диизопропиламиноэтилметилфосфоната; 9 – межволоконные поры нити и межниточное пространство, заполненные порошком с наночастицами, в который впиталась жидкая фаза *O*-этил-*S*- $\beta$ -диизопропиламиноэтилметилфосфоната)

ство заключается в удалении жидкости из нитей частицами, находящимися на них. Отличие за-

ключается в том, что жидкость из нитей впитывается в порошок, находящейся в межниточном пространстве. При этом непосредственного контакта порошка с нитью нет. Этот эффект возникает за счет особого строения разработанной порошковой рецептуры. Вне локального участка заражения межволоконные поры нити (7) и межниточное пространство заполнено смесью микрочастиц с наночастицами (8). Они не впитали жидкую фазу *O*-этил-*S*- $\beta$ -диизопропиламиноэтилметилфосфоната.

Затем определяли массу образцов и рассчитывали количество рецептуры, которая осталась на их поверхности. Оставшуюся на поверхности образца порошковую рецептуру удаляли путем встряхивания до прекращения ссыпания порошка с образца, после чего вновь определяли массу образцов. При проведении эксперимента необходимо исключить удаление нитей с испытуемых образцов, так как это нарушает условия эксперимента [16].

Параллельно проводили аналогичные эксперименты без нанесения на образцы *O*-этил-*S*- $\beta$ -диизопропиламиноэтилметилфосфоната или его имитатора [9, 10].

Количество жидкой фазы вещества (имитатора), оставшейся в образцах, рассчитывали по уравнению [15]:

$$m'_{ж.ф.} = m_3 - m'_2, \quad (2)$$

где  $m'_{ж.ф.}$  – масса жидкой фазы вещества (имитатора) оставшейся в образце;

$m_3$  – масса образца после встряхивания с нанесенным веществом (имитатором);

$m'_2$  – масса образца после встряхивания в эксперименте без имитатора.

Массу удаленной (продегазированной) жидкой фазы вещества (имитатора) рассчитывали по уравнению [15]:

$$m_{у.ж.} = m_{ж.ф.} - m'_{ж.ф.}, \quad (3)$$

где  $m_{у.ж.}$  – масса удаленной (продегазированной) жидкой фазы вещества (имитатора);

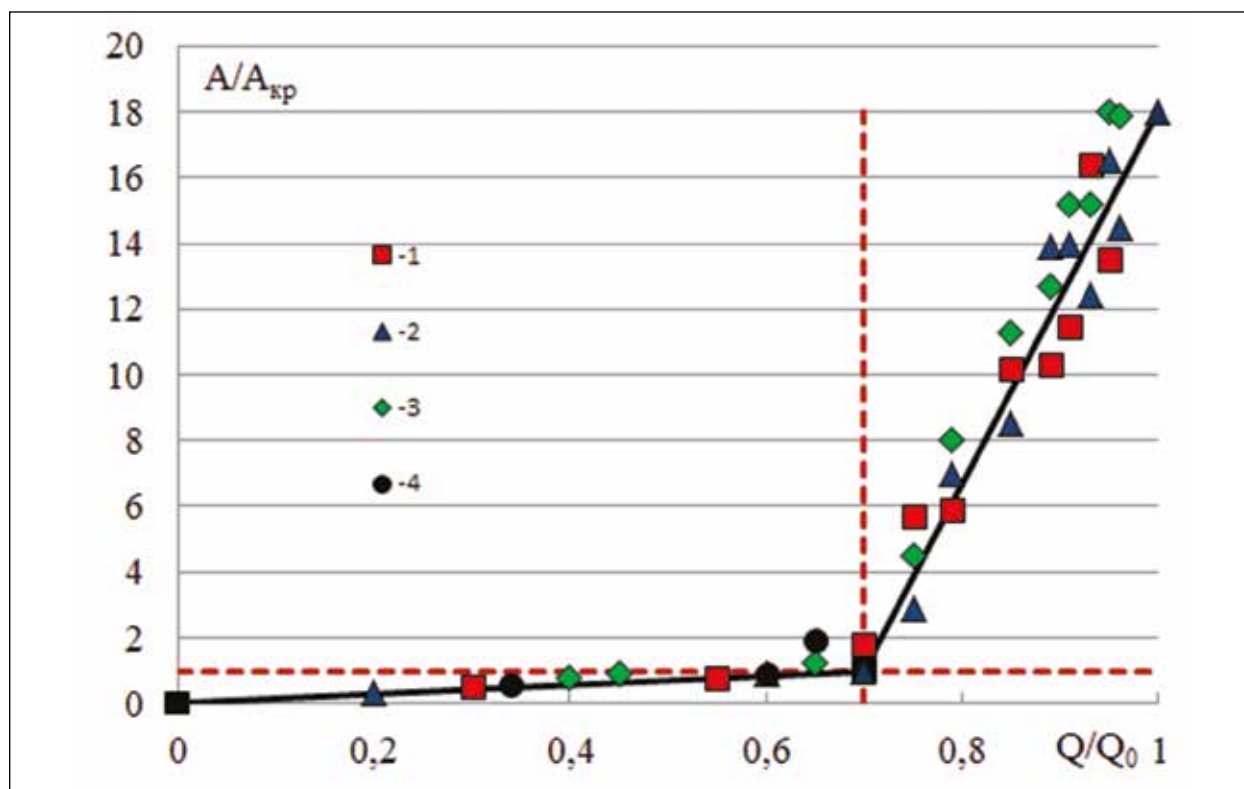
$m_{ж.ф.}$  – масса жидкой фазы вещества (имитатора) в образце;

$m'_{ж.ф.}$  – масса жидкой фазы вещества (имитатора), оставшейся в образце.

Исследования опасности текстильных материалов, зараженных каплями ТХ, после процесса дегазации, проведенные по методикам, описанным нами ранее [8, 9].

#### Результаты и обсуждение

В результате исследований определяли: количество ТХ, нанесенного на материал ( $Q_0$ , мг/м<sup>2</sup>); количество ТХ, оставшегося в материале после обработки порошком ( $Q$ , мг/м<sup>2</sup>); значение массопереноса ТХ с материала ( $A$ , мг/м<sup>2</sup>). Зна-



**Рисунок 5** — Полнота дегазации текстильных материалов, зараженных каплями О-этил-S-β-диизопропиламиноэтилметилфосфоната, в зависимости от доли оставшегося вещества (1 – арт. 405; 2 – ТУ-96; 3 – арт. 3303; 4 – арт. 3306)

чение массопереноса ТХ с материала сравнивали с критериальным значением ( $A_{кр}$ , мг/м<sup>2</sup>). Полнота дегазации достигалась при условии  $A/A_{кр} \leq 1$ . Рассчитывали степень опасности зараженных материалов ( $A/A_{кр}$ ) и долю оставшегося в материале ТХ ( $Q/Q_0$ ). Полученные результаты использовали при изучении зависимости степени опасности зараженных материалов ( $A/A_{кр}$ ) от доли оставшихся в материале ТХ ( $Q/Q_0$ ) (рисунок 5).

На основании представленных данных для О-этил-S-β-диизопропиламиноэтилметилфосфоната можно сделать вывод о том, что для обеспечения полноты дегазации текстильных материалов, зараженных различными ТХ, необходимо продегазировать (или удалить) не менее (30±7) % от нанесенного ТХ (при условии заражения ткани 1 г/м<sup>2</sup>, массе капли 0,1 мг, температуре 22 °С и влажности воздуха 65 %) [8].

Следовательно, порошковая рецептура, содержащая (масс.) Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 12 % и SiO<sub>2</sub> 88 %, с полидисперсными микрочастицами – 85 % (масс.) и наночастицами – 15 % (масс.), обеспечивает повышение полноты дегазации верхних слоев табельных образцов БЭВ, зараженных каплями ТХ, за счет увеличения доли удаленной жидкой фазы ТХ из пористой структуры материала. Основным существенным отличием от ранее разработанных

рецептур является химический состав и разница в диаметре частиц порошка.

Результаты, представленные в таблице 1, показывают, что требуемая полнота дегазации достигается при удалении более (30±7) % жидкой фазы ТХ. Эти условия соблюдаются при применении порошковых рецептур с размером частиц менее 50 мкм. Применение разработанной рецептуры в качестве дегазирующего агента позволяет удалить более 80 % жидкой фазы ТХ и обеспечить требуемую полноту дегазации [8, 17].

#### Выводы

1. В результате проведенных исследований разработана порошковая рецептура с новым качественным и количественным составом (масс.): Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 12 % и SiO<sub>2</sub> 88 %, с полидисперсными микрочастицами – 85 % (масс.) и наночастицами – 15 % (масс.), обеспечивающая полноту дегазации верхних слоев табельных образцов боевой экипировки военнослужащего, зараженных каплями ТХ.

2. Дегазация боевой экипировки военнослужащего, зараженной каплями ТХ, достигается при удалении из пористой структуры материала более (30±7) % ее жидкой фазы. Эти условия соблюдаются при применении в составе порошковой рецептуры частиц размером менее 50 мкм.

### **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. Радущий В.Ю., Шульженко В.Н., Рубанов Ю.К. Средства и способы радиационной и химической защиты: учебное пособие. Белгород: Белгородский государственный университет им. В.Г. Шухова, 2008.

2. Лепешинский И.Ю., Кутепов В.А., Полодев В.П. Средства и способы радиационной и химической защиты: учебное пособие. Омск: ОмГТУ, 2008.

3. Патент РФ № 2307691 RU (2006).

4. Patent № 3625583 DE (1986).

5. Patent № 300771 DD (1978).

6. Patent. № 6,537,382 B1 US (2000).

7. Patent № 2000074787 WO (2000).

8. Патент РФ № 2585028 RU (2014).

9. Патент №2585027 RU (2016).

10. ГОСТ 8728-88. Пластификаторы. Технические условия. М.: Государственный комитет СССР по стандартам, 1988.

11. ГОСТ 217713. Алюмосиликатный катализатор молотый. Технические условия. М.: Государственный комитет СССР по стандартам, 1971.

12. ГОСТ 14922-77. Аэросил. Технические условия. М.: Государственный комитет СССР по стандартам, 1977.

13. ТУ 8318-011-10725218-96. Материал Винилискожа-Т с дискретным покрытием. Технические условия. Иваново: Фабитекс, 1999. НПО «Неорганика».

14. Колесников П.Н., Киселев А.М. Имита-

тор заражения текстильных материалов О-изобутил-S-2-(N,N-диэтиламино) этилметилфосфонатом и его удаления порошковыми рецептурами // Вестник Казанского технологического университета. 2016. Т. 19. № 3. С. 82–85.

15. Колесников П.Н., Хантов В.П., Мигачев Ю.С., Соснин Н.И. Полидисперсная порошковая рецептура с наночастицами для дегазации текстильных материалов // Национальные приоритеты России. Серия 1: Наука и военная безопасность. 2016. № 4(7). С. 101–104.

16. Колесников П.Н., Иванов А.Н. Применение нанопорошков для снижения опасности текстильных материалов одежды и специальных средств защиты, зараженных жидкими сильнодействующими ядовитыми веществами в результате аварии на химически-опасном объекте // Известия высших учебных заведений. Технология текстильной промышленности. 2015. № 5(358). С. 211–214.

17. Киселев А.М., Колесников П.Н. Организационные вопросы по применению нанопорошков для снижения зараженности материалов одежды и специальных средств защиты, зараженных жидкими сильнодействующими ядовитыми веществами в результате аварии на химически-опасном объекте // ГосРег: государственное регулирование общественных отношений. 2015. № 1(11). С. 20.

### **Об авторах**

Федеральное государственное казенное военное образовательное учреждение высшего образования «Военная академия радиационной, химической и биологической защиты имени Маршала Советского Союза С.К. Тимошенко» Министерства обороны Российской Федерации, 156015, Российская Федерация, г. Кострома, ул. Горького, д. 16.

*Колесников Павел Николаевич.* Преподаватель кафедры средств защиты от оружия массового поражения, канд. хим. наук, доцент.

*Хантов Вячеслав Павлович.* Начальник кафедры средств защиты от оружия массового поражения, канд. хим. наук, доцент.

**Адрес для переписки:** Колесников Павел Николаевич; varhbz@mil.ru

# Development of a Powder Formulation for Effective Removal of Toxic Chemicals from Textile Materials

P.N. Kolesnikov, V.P. Khantov

*The Federal State Official Military Educational Establishment of Higher Education  
«Military Academy of Radiological, Chemical and Biological Defence  
named after Marshal of the Soviet Union S.K. Timoshenko»,  
Gorky Street 16, Kostroma 156015, Russian Federation*

The article is dedicated to the development of a powder formulation for the decontamination of textile materials. The degassing effect is achieved due to the capillary effect, created by the nanoparticles, included in the above mentioned formulation, that penetrate into the pores of the fibres of the textile material. The degassing formulation contains (weight)  $Al_2O_3$  12 % и  $SiO_2$  88 %, with polydisperse microparticles 85 % (weight) and nanoparticles 15 % (weight). The necessary completeness of the decontamination is achieved after the removal of more than  $(30\pm 7)$  % of the liquid phase of toxic chemicals. This result may be achieved after the use of powder formulations with particles with an average size of less than  $50 \mu m$ . The elaborated powder formulation allows to remove more than 80 % of the liquid phase of toxic chemical, that provides the necessary completeness of the decontamination of military equipage.

**Keywords:** decontamination; textile materials; toxic chemicals; nanoparticles; powder formulation.

**For citation:** Kolesnikov P.N., Khantov V.P. Development of a Powder Formulation for Effective Removal of Toxic Chemicals from Textile Materials // Journal of NBC Protection Corps. 2017. V. 1. № 4. P. 41–49.

### **Conflict of interest statement**

The authors has 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. Radutskiy V.Yu., Shulzhenko V.N., Rubanov Yu.K. Radiological and Chemical Defence Means and Equipment. Study Guide. Belgorod, Belgorod State University, 2008 (in Russian).
2. Lepeshinsky I.Yu., Kutepov V.A., Polodeev V.P. Radiological and Chemical Defence Means and Equipment. Study Guide. Omsk, Omsk State Technical University, 2008 (in Russian).
3. Patent RF № 2307691 RU (2006) (in Russian).
4. Patent № 3625583 DE (1986).
5. Patent № 300771 DD (1978).
6. Patent. № 6,537,382 B1 US (2000).
7. Patent № 2000074787 WO (2000).
8. Patent RF № 2585028 RU (2014) (in Russian).
9. Patent RF № 2585027 RU (2016) (in Russian).
10. State standart 8728-88. Plasticizers. Technical conditions [Tekst]. Moscow : State Committee USSR for Standards, 1988 (in Russian).
11. State standart 217713. Aluminosilicate catalyst ground. Technical conditions [Tekst]. Moscow : State Committee USSR for Standards, 1971 (in Russian).
12. State standart 14922-77. Aerosil. Technical conditions [Tekst]. Moscow : State Committee USSR for Standards, 1977 (in Russian).
13. Technic Specifications 8318-011-10725218-96. Material Viniliskozha-T with Discrete Surface. Technic Specifications. Ivanovo, Fabitex. NPO «Neorganica» (in Russian).
14. Kolesnikov P.N. Imitator of contamination of textile materials with O-isobutyl-S-2-(N,N-diethylamino) ethylmethylphosphonate and its removal by powder formulations // Bulletin of the Kazan Technological University. 2016. V. 19. № 3. P. 82–85 (in Russian).
15. Kolesnikov P.N., Khantov V.P., Migachev Yu.S., Sosnin N.I. Polydisperse powder formulation with nanoparticles for degassing of textile materials // National Priorities of Russia. Series 1: Science and Military Security. 2016. № 4(7). P. 101–104 (in Russian).
16. Kolesnikov P.N. The use of nanopowders to reduce the danger of textile clothing materials and special protective equipment contaminated with liquid potent poisonous substances as a result of an accident at a chemically hazardous facility // News of Higher Educational Establishments. Technology of the textile industry. 2015. №5 (358). Pp. 211–214 (in Russian).
17. Kiselev A.M. Organizational questions on the use of nanopowders to reduce the contamination of clothing materials and special protective equipment contaminated with liquid potent poisonous substances as a result of an accident at a chemically hazardous facility // GosReg: state regulation of public relations. 2015. №1 (11). P. 20 (in Russian).

### Authors

The Federal State Official Military Educational Establishment of Higher Education «Military Academy of Radiological, Chemical and Biological Defence named after Marshal of the Soviet Union S.K. Timoshenko». Gorky Street 16, Kostroma 156015, Russian Federation.

*Kolesnikov P.N.* Teacher of the Department of means of protection against weapons of mass destruction. Candidate of Chemical Sciences, Associate Professor.

*Khantov V.P.* Head of the Department of means of protection against weapons of mass destruction. Candidate of Chemical Sciences, Associate Professor.

**Address:** Kolesnikov Pavel Nikolaevich; varhbz@mil.ru