

И.А. Соловьев, Р.В. Титов, И.А. Шперлинг,
А.А. Галака, С.В. Амбарцумян,
А.В. Миляев, И.Е. Жуков

Особенности взрывной травмы при использовании отдельных видов средств индивидуальной бронезащиты

Военно-медицинская академия им. С.М. Кирова, Санкт-Петербург

Резюме. Рассматриваются особенности взрывной травмы при использовании отдельных видов средств индивидуальной бронезащиты. Анализируются защитные свойства современных средств индивидуальной бронезащиты. В качестве подопытного животного выбраны свиньи-самцы массой 60 кг породы «Большая белая». На животное надевался взрывотехнический костюм и осуществлялся подрыв. Выполнено два эксперимента, в каждом из которых задействовано по два животных. После суток наблюдения животные выводились из эксперимента с последующим проведением секционного исследования. Установлено, что у животных первого эксперимента выраженных изменений основных физиологических показателей не наблюдалось. У животных второго эксперимента отмечалось некоторое увеличение частоты сердечных сокращений, дыхания и понижение артериального давления. Выявлено, что взрывотехнический костюм «Доспехи-КП», усиленный комплектом бронепанелей «Волан» повышенной осколочной стойкости обладает высокими защитными свойствами. Полагаем, что после подрыва взрывчатого вещества размещенного на расстоянии 3 м массой 1,5 кг в тротиловом эквиваленте, саперу может угрожать взрывное поражение легкой степени тяжести с потерей трудоспособности максимум до 5 суток. При увеличении массы заряда до 2 кг и уменьшении расстояния до 1,5 м возможно взрывное поражение от легкой до средней степени тяжести с потерей трудоспособности на срок не более 15 суток. Экстраполируя полученные в ходе экспериментов на крупных животных данные на человеческий организм, сформулированы следующие практические рекомендации: а) необходимо усилить защитные характеристики забрала бронешлема; б) для исключения получения сапером баротравмы уха, облаченного во взрывотехнический костюм «Доспехи-КП» с комплектом защитных структур «Волан» повышенной осколочной стойкости, целесообразно использовать дополнительную защиту в виде «берушей».

Ключевые слова: средства индивидуальной бронезащиты, сапер, минно-взрывная травма, военная медицина, взрывозащитный костюм, бронешлем, баротравма уха.

Введение. В современном мире можно отметить достаточно широкое распространение минно-взрывного оружия. Оно состоит на вооружении всех стран мира и, к сожалению, пользуется большой популярностью в террористических сообществах. Минно-взрывные повреждения относятся к числу наиболее тяжелых видов боевой хирургической патологии. По-прежнему актуальной остается проблема разработки и совершенствования надежных средств индивидуальной защиты людей, чьи профессии неразрывно связаны с работой со взрывчатыми веществами (ВВ). На протяжении многих лет ведутся работы, направленные на совершенствование индивидуальных и коллективных средств бронезащиты саперов. Несмотря на достигнутые успехи, исключить непосредственное участие сапера в разминировании пока не представляется возможным.

Совершенствуются подходы в изучении эргономических и защитных свойств различных образцов современных средств индивидуальной бронезащиты. Рассматриваются особенности минно-взрывных поражений их комбинированный характер, способность вызывать сочетанные и множественные повреждения организма. Большой процент, среди которых тяжелые и крайне тяжелые повреждения, обуславливают высокую летальность и инвалидизацию пострадавших.

В последние годы в мире резко возросло количество преступлений, совершаемых с применением взрывных устройств. Как следствие, в обозримом будущем профессия сапера останется востребованной, а проблемы разработки и совершенствования средств индивидуальной защиты сапера не утратят своей важности.

Цель исследования. Экспериментально проверить защитные свойства взрывотехнического костюма «Доспехи-КП», усиленного комплектом защитных структур «Волан» повышенной осколочной стойкости.

Задачи исследования:

1. Оценить степень и характер повреждений средств индивидуальной защиты.
2. Сопоставить величины избыточного давления во фронте воздушной ударной волны и в заброневом пространстве.
3. Рассмотреть особенности полученной взрывной травмы (по результатам внешнего и секционного исследования).

Материалы и методы. В качестве подопытного животного выбраны свиньи-самцы массой 60 кг породы «Большая белая». Основанием выбора свиньи в качестве подопытного животного явилась их сопоставимость по массе, строению внутренних органов, и ряду других

морфофункциональных параметров со взрослым человеком. Животные предварительно отбирались и обследовались ветеринаром. Перед экспериментом животное погружали в наркоз путем внутримышечного введения 3–5 мл золитила. Контролем уровня наркоза служило торможение глазодвигательных и зрачковых рефлексов, снижение тонуса скелетных мышц. Затем на животное надевался взрывотехнический костюм «Доспехи-КП». С помощью санитарных лямок животное размещалось в позе «стоящего человека» лицевой стороной к ВВ и осуществлялся подрыв. Все выявленные изменения измерялись, описывались и фотографировались. Для фиксации избыточного давления в подкостюмном и подшлемном пространствах на биообъект устанавливались сферические пьезоэлектрические датчики давления, такие же датчики были расположены в непосредственной близости от объекта исследования, для измерения избыточного давления во фронте воздушной ударной волны. Оболочечное взрывчатое вещество, закреплялось на высоте 1 м от поверхности земли (рис. 1).

Всего было выполнено два эксперимента, в каждом из которых задействовано по два животных, которых распределяли в опытах в зависимости от массы ВВ и расстояния (табл. 1).

Результаты и их обсуждение. При внешнем осмотре после первого эксперимента (масса взрывчатого вещества – 1,5 кг, расстояние – 3 м) подрывов у одного из экспериментальных животных зафиксировано сквозное пробитие забрала шлема, в результате чего животное получило слепое осколочное ранение нижней челюсти (рис. 2). Глубина раневого канала нижней челюсти – около 1 см. В остальном состоянии кожных покровов обоих животных – без изменений. Наблюдение за экспериментальными животными показало отсутствие внешних проявлений реакции организма на экспериментальный под-

рыв. Зрачковые рефлексы оставались живыми, зрачки – одинаковыми, дыхательные движения – ритмичными, перистальтика – активной, реакция на боль – выраженной. Животные достаточно быстро активизировались, в течение первого часа после выхода из наркоза начинали активно отгонять насекомых подергиванием хвоста и ушей, пытались встать. По возвращении в виварий не отказывались от воды и пищи.

В результате всех подрывов первого эксперимента зафиксированы повреждения взрывотехнического костюма, в том числе сквозные пробития, а также результаты измерения давления, которые приведены в таблице 2.

При проведении секционного исследования через 1 сутки после подрыва у животных из первого эксперимента выявлены незначительные субплевральные (поверхностные) кровоизлияния в легких, в остальных органах – патологических изменений не обнаружено (рис. 3).

В результате второго эксперимента (масса взрывчатого вещества – 2 кг, расстояние – 1,5 м) подрывов зафиксированы все повреждения взрывотехнического костюма. У одного из животных обнаружено касательное проникающее осколочное ранение правого бедра с длиной раневого канала до 10 см, удален осколок массой 0,5 г. Избыточным давлением выдавлен герметик по периметру крепления защитного стекла бронешлема. Экспериментальные животные выжили, однако, после подрыва, долго, в течение 4–5 ч, не приходили в сознание. По выходе из наркоза были пассивными, позднее (не ранее 3–5 часов после выхода из наркоза) начинали вставать, демонстрировали признаки дискоординированности движений, некоторое время отказывались от воды и пищи.

Все повреждения взрывотехнического костюма, а также величина давления после второго эксперимента приведены в таблице 3.

При проведении секционного исследования (рис. 4–6) у одного из животных второго эксперимента обнаружена подкапсульная поверхностная гематома на передней поверхности печени участком 10×15 см. У

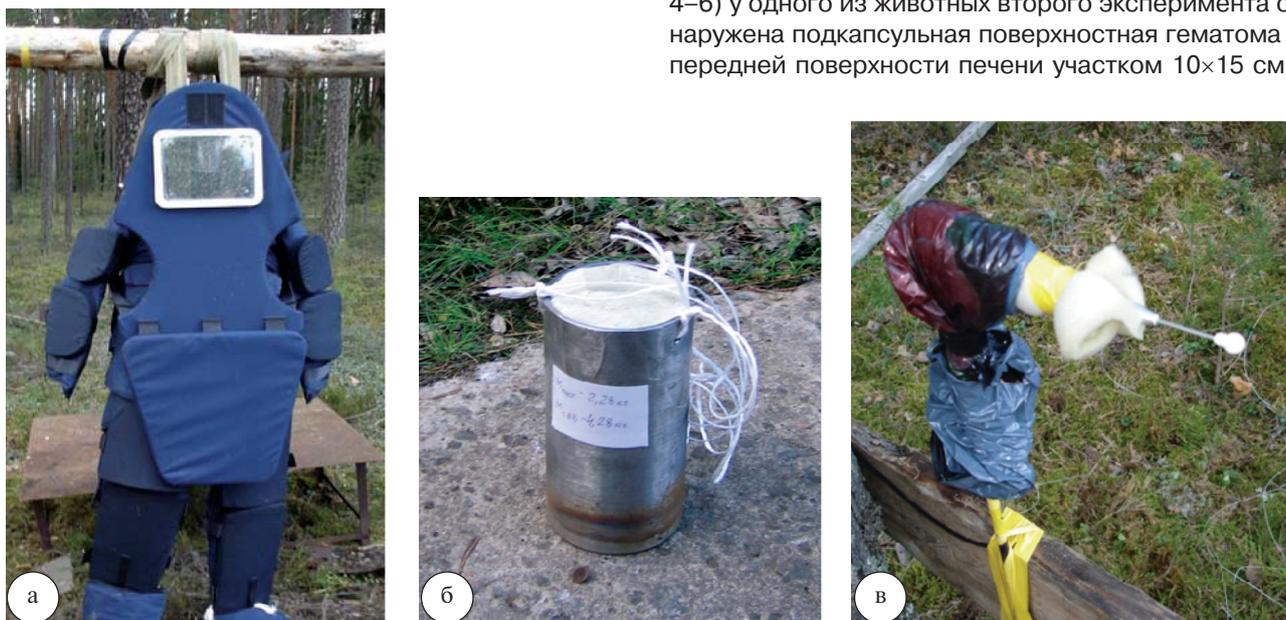


Рис. 1. Подготовка эксперимента: а – положение животного защищенного взрывотехническим костюмом и бронепанелями; б – стакан со взрывчатым; в – датчик для измерения избыточного давления веществом

Таблица 1

Условия проводимых экспериментов

Эксперимент	Число подрывов в эксперименте	Масса взрывчатого вещества, кг тротилового эквивалента	Количество животных	Расстояние от центра взрыва до подопытного животного, м
1	2	1,5	2	3
2	2	2	2	1,5

Таблица 2

Результаты первого эксперимента

Подрыв	Результаты визуального осмотра костюма после подрыва	Величина давления	
		во фронте ударной волны	в подшлемном пространстве
1-й	Сквозное пробитие забрала шлема; 5 попаданий осколками в костюм, 2 из них сквозные, которые остановлены бедренными бронепанелями	98 кПа при длительности импульса 0,6 мс	30 кПа при длительности импульса 3 мс
2-й	7 попаданий осколками в костюм, 1 из них сквозное; бронепанель на правой голени расслоена, величина остаточной ударной деформации до 12 см (доска толщиной 20 мм, помещенная в правую штанину костюма, расколота в результате указанного попадания)	102 кПа при длительности импульса 0,6 мс	20 кПа при длительности импульса 3 мс

обоих животных – ушибы (гематомы) легких, у одного – с поверхностным разрывом ткани легкого длиной 1,5 см и глубиной 2 мм; диагностированы также кровоизлияния в стенку толстой кишки округлой формы размерами до 2,5 см в диаметре. Данный объем повреждений по объективной оценке тяжести травм относится к категории травмы средней степени тяжести.

С целью контроля жизненно важных функций организма и последующей оценки тяжести состояния в течение суток проводился мониторинг физиологических показателей (табл. 4).

Заключение. У животных первого эксперимента выраженных изменений основных физиологических

показателей не наблюдалось. У животных второго эксперимента, отмечалось некоторое увеличение ЧСС, дыхания и понижение артериального давления. Выявлено, что взрывотехнический костюм «Доспехи-КП», усиленный комплектом бронепанелей «Волан» повышенной осколочной стойкости обладает высокими защитными свойствами.

Полагаем, что после подрыва ВВ размещенного на расстоянии 3 м массой 1,5 кг в тротиловом эквиваленте, саперу может угрожать взрывное поражение легкой степени тяжести с потерей трудоспособности максимум до 5 суток. При увеличении массы заряда до 2 кг и уменьшении расстояния до 1,5 м возможно взрывное поражение от легкой до средней степени



Рис. 2. Состояние взрывотехнического костюма и животного после первого эксперимента

Таблица 3

Результаты второго эксперимента

Подрыв	Результаты визуального осмотра костюма после подрыва	Величина давления	
		во фронте ударной волны	в подшлемном пространстве
1-й	Нижняя часть защитного экрана получила 26 осколочных попаданий, из них сквозных – 6, верхняя часть экрана – 14, сквозных – нет; шорты – 7 сквозных	199 кПа при длительности импульса 0,6 мс	65 кПа при длительности импульса 3 мс
2-й	Нижняя часть защитного экрана получила 19 осколочных попаданий, из них сквозных – 8; верхняя часть экрана – 24, из них сквозных – 9; шорты – 7 несквозных осколочных попаданий; избыточным давлением выдавлен герметик по периметру крепления забрала	197 кПа при длительности импульса 0,6 мс	63 кПа при длительности импульса 3 мс



Рис. 3. Секционное исследование свиньи через 1 сутки

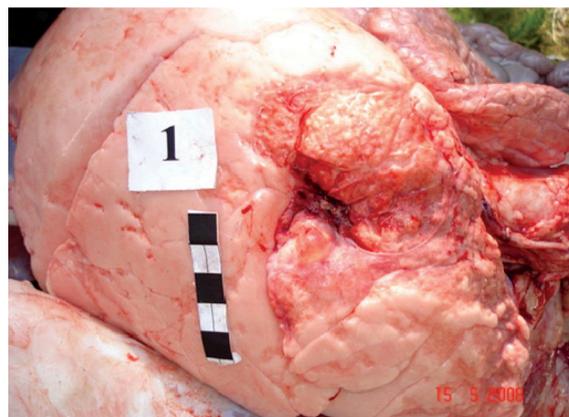


Рис. 4. Поверхностный разрыв ткани легкого

тяжести с потерей трудоспособности на срок не более 15 суток.

Экстраполируя полученные в ходе экспериментов на крупных животных данные на человеческий организм, сформулирован ряд практических рекомендаций.

Разработчикам следовало бы уделить внимание повышению защитных характеристик забрала бронешлема, так как, в одном из экспериментов имело место сквозное его пробитие, в другом, избыточным давлением выдавлен герметик по периметру крепления забрала.

Нельзя отрицать возможность получения баротравмы органа слуха сапером, облаченного во взрывотехнический костюм «Доспехи-КП» с комплектом защитных структур «Волан» повышенной осколочной стойкости, при аналогичном по мощности взрыве.

Конструкция бронешлема обеспечивает достаточно хорошую защиту органа слуха, однако целесообразно использовать дополнительную защиту в виде вкладышей в наружный слуховой проход, например, в виде «берушей».

Таблица 4

Данные мониторинга физиологических показателей

Показатель	1-й эксперимент		2-й эксперимент	
	до опыта	1 сутки	до опыта	1 сутки
ЧСС, уд/мин	69±1	73±1	71±2	93±5
САД, мм рт. ст.	125±2	120±3	116±1	91±6
ДАД, мм рт. ст.	80±2	78±1	75±2	64±2
ЧДД, раз/мин	26±1	28±1	25±1	32±1
Sat O ₂ , %	99±1	99±1	98±1	96±2
t рект., °С	38,4±0,1	38,3±0,1	38,6±0,1	37,2±0,2

Примечание: ЧСС – частота сердечных сокращений; САД – систолическое артериальное давление; ДАД – диастолическое артериальное давление; ЧДД – частота дыхательных движений; Sat O₂ – сатурация крови; t рект. – ректальная температура.

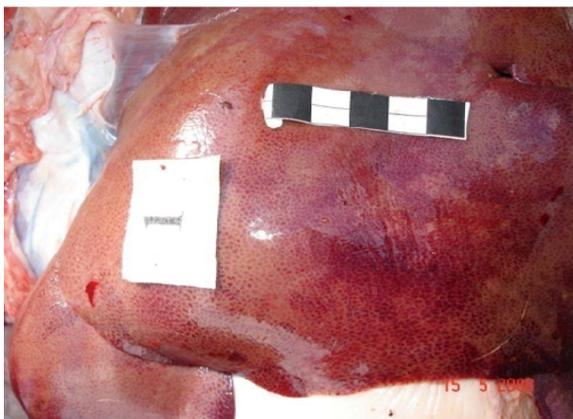


Рис. 5. Подкапсулярная поверхностная гематома на передней поверхности печени

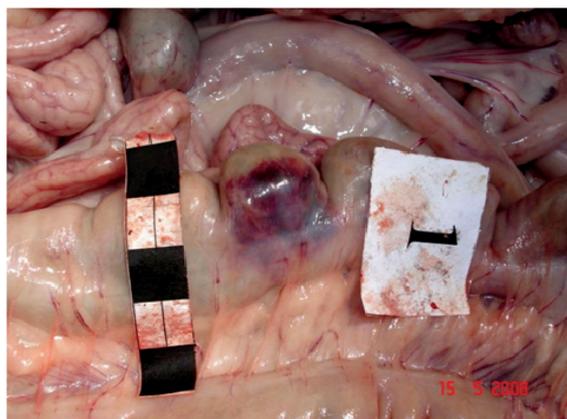


Рис. 6. Кровоизлияния в стенку толстой кишки

Литература

1. Анисин, А.В. Особенности минно-взрывных повреждений при использовании специальных средств защиты сапера (экспериментальное исследование): дис. ... канд. мед. наук / А.В. Анисин. – СПб., 2011. – 145 с.
2. Анисин, А.В. Повреждения нижних конечностей при контактных подрывах / А.В. Анисин, М.В. Тюрин, И.В. Кондратьев // Вестн. нац. медико-хирург. центра – 2011. – Т. 6, № 2. – С. 96–100.
3. Байдак, В.И. Концептуальные основы создания средств индивидуальной бронезащиты / В.И. Байдак, [и др.]. – М.: Изд-во Вооружение. Политика. Конверсия, 2003. – 338 с.
4. Бисенков, Л.Н. Хирургия минно-взрывных ранений / Л.Н. Бисенков, Г.В. Акимов, Л.А. Глазников. – СПб.: Акрополь, 1993. – 320 с.
5. Быков, И.Ю. Военно-полевая хирургия: национальное руководство / И.Ю. Быков, Н.А. Ефименко, Е.К. Гуманенко. – СПб.: ГЭОТАР-Медиа, 2009. – 816 с.
6. Валецкий, О.В. Минное оружие: вопросы минирования и разминирования / О.В. Валецкий. – М.: Крафт+, 2009. – 576 с.
7. Грицианов, А.И. Взрывная травма / А.И. Грицианов, [и др.]. – Кабул, 1987. – 165 с.
8. Миннуллин, И.П. Минно-взрывные поражения: глобальная проблема человечества / И.П. Миннуллин, Н.Ф. Фомин, Э.А. Нечаев // Мед. катастроф. – 2010. – № 2. – С. 34–36.
9. Нечаев, Э.А. Взрывные поражения / Э.А. Нечаев, А.И. Грицианов, И.П. Миннуллин. – СПб.: Фолиант, 2002. – 656 с.
10. Сохранов, М.В. Структура и тяжесть огнестрельных ранений груди и живота в аспекте моделирования средств индивидуальной бронезащиты военнослужащих: дис. ... канд. мед. наук / М.В. Сохранов – СПб., 2006. – 138 с.
11. Титов, Р.В. Повреждения внутренних органов в различных типах дыхательного снаряжения при дистантных подводных взрывах (медико-экспериментальное исследование): дис. ... канд. мед. наук / Р.В. Титов. – СПб., 2006. – 142 с.
12. Тюрин, М.В. Повреждения воздушной ударной волной и разработка специальных средств защиты и безопасности: дис. ... д-ра. мед. наук / М.В. Тюрин. – СПб., 2000. – 340 с.
13. Champion, H.R. Injuries from explosions: physics, biophysics, pathology, and required research focus / H.R. Champion, J.B. Holcomb, L.A. Young // J. Trauma. – 2009. – Vol. 66. – P. 1468–1477.
14. Hankin, E. Challenges of modern military trauma / E. Hankin, S. Jeffery // Wounds UK. – 2010. – № 6. – P. 47–54.
15. Mayo, A. Blast-induced injury of air-containing organs / A. Mayo, Y. Kluger // ADF Health. – 2006. – Vol. 7, № 1. – P. 40–44.

I.A. Soloviyev, R.V. Titov, I.A. Shperling, A.A. Galaka, S.V. Ambartsumyan, A.V. Milyaev, I.E. Zhukov

Features of mine-blast trauma with using of certain types of personal body armor

Abstract. The features of the blast injury on individual types of personal body armor are described. We analyzed the protective properties of modern body armor. As the experimental animal we have chosen male pigs weighing 60 kg breed «Great White». In animal explosive-dressed suit and carried out subversion. Two experiments were performed, in each of which we involved two animals. After days of observation the animals were removed from the experiment, followed by sectional study. It was found that animals first experiment pronounced changes in vital signs were observed. The animals of the second experiment, there was a slight increase in heart rate, breathing and low blood pressure. It was revealed that the explosive-suit «Armor-KP» reinforced set of armor plates «Volan» increased fragmentation resistance has high protective properties. We believe that after the explosion of explosives placed at a distance of 3 m Weight 1,5 kg of TNT, Sapper could threaten explosive defeated mild disability to a maximum of 5 days. By increasing the charge to the mass of 2 kg and a decrease in the distance to 1,5 m possible explosive damage changed from mild to moderate disability for a period of not more than 15 days. Extrapolating from experiments on large animal data to the human body, it makes the following practical recommendations: a) the need to strengthen the protection provided by the visor armed helmets; b) to avoid getting sapper ear barotrauma, clad in explosive-suit «Armor-KP» with a set of protective structures «Volan» increased fragmentation resistance, it is advisable to use an additional protection in the form of «earplugs».

Key words: personal body armor, sapper, mine-blast trauma, military medicine, explosion-proof suit, armour helmet, ear barotrauma.

Контактный телефон: +7-911-257-23-25; e-mail: andrey_galaka@mail.ru