

«Согласовано»

Начальник ТОВМИ им. С.О. Макарова
вице-адмирал

Литвиненко Е.Я.

«21» декабря 2002 г.



«Утверждаю»

Директор Института химии ДВО
РАН, академик РАН

Сергиенко В.И.

«21» декабря 2002 г.



Акт

Мы, нижеподписавшиеся, от Института химии ДВО РАН зав. группой фторуглеродных материалов к.х.н. Цветников А.К. и н.с. лаб. электронно-физических методов исследования Николенко Ю.М., от ТОВМИ им. С.О. Макарова ст. преподаватель кафедры ракетно-артиллерийского вооружения (РАВ) кап. 2 ранга Нагулов Б.В., преподаватель кафедры РАВ п/п-к Смольников И.В. составили настоящий акт в том, что вкладной ствол № КЦ 6811 к изделию 2С-1 представленный в/ч 10752 после испытаний созданной в Институте химии ДВО РАН сухой смазки ФОРУМ (ультрадисперсный низкомолекулярный политетрафторэтилен, ТУ 2229-004-02698192-2002) в процессе стрельбы (104 выстрела) был распилен и исследован методами оптической микроскопии и рентгеноэлектронной спектроскопии.

Исследования начались после проведения испытательных стрельб кафедрой ракетно-артиллерийского вооружения ТОВМИ им. С.О. Макарова 28.03.2002 г. Условия проведения испытаний следующие: пули и ствол калибра 14,5 обрабатывались порошком ФОРУМ методом втирания, затем были проведены 104 выстрела. Ствол перед проведением испытаний не использовался. После отстрела были проведены испытания ствола на хранение во влажных условиях (относительная влажность ~ 98 %). Ствол не очищали от нагара. На рисунках 1-4 показаны микрофотографии участков ствола: начало – 1, 2, середина – 3, дульный срез – 4.

Визуальный осмотр ствола после 4-месяцев хранения показал, что незначительной коррозии подвержены центральные участки ствола, начальный участок ствола и выходной коррозии практически не подвержены. Отсутствие закалочных трещин на начальном участке ствола предположительно свидетельствует о положительном влиянии смазки на «живучесть» ствола.

Измерения рентгеноэлектронных спектров поверхностей трех участков ствола (рис. 5) проводились на серийном электронном спектрометре ЭС-2401 с использованием $Al K\alpha$ излучения. Вакуум в камере анализатора поддерживался на уровне не хуже 7×10^{-8} мм.рт.ст. Шкала энергий калибровалась по пику углеродных загрязнений, энергия связи которого полагалась равной 285.0 эВ.

Микрофотографии участков ствола № КЦ 6811 к изделию 2С-1



Рис. 1



Рис. 2



Рис. 3

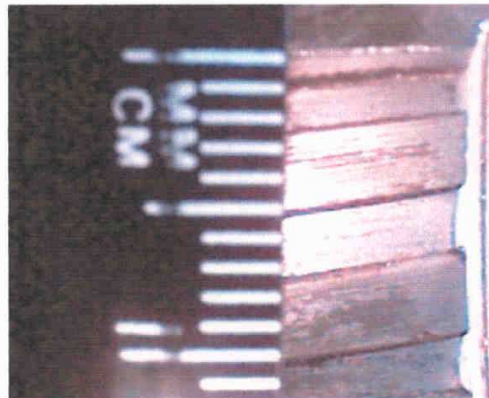


Рис. 4

В спектрах поверхностей всех исследованных образцов (рис.) обнаружен сигнал F1s с энергией связи (E_{CB}) 689.6 ± 0.3 эВ. В спектрах 1s-электронов углерода присутствует слабоинтенсивный пик с E_{CB} 292.7 ± 0.3 эВ, характерный для углерода, связанного с двумя атомами фтора ковалентными связями. Большая ошибка определения величины E_{CB} обусловлена малой интенсивностью полезного сигнала и, соответственно, большим влиянием скоррелированного шума. Для выяснения природы обнаруженных состояний фтора и углерода были измерены рентгеноэлектронные спектры C1s и F1s фторопласта-4 (политетрафторэтилена), имеющего общую формулу $(-CF_2-CF_2-)_n$. Измеренные E_{CB} углерода и фтора в фторопласта-4 равны 292.7 ± 0.1 эВ и 689.8 ± 0.1 эВ, соответственно.

Рентгеноэлектронные спектры углерода (C1s) и фтора (F1s)

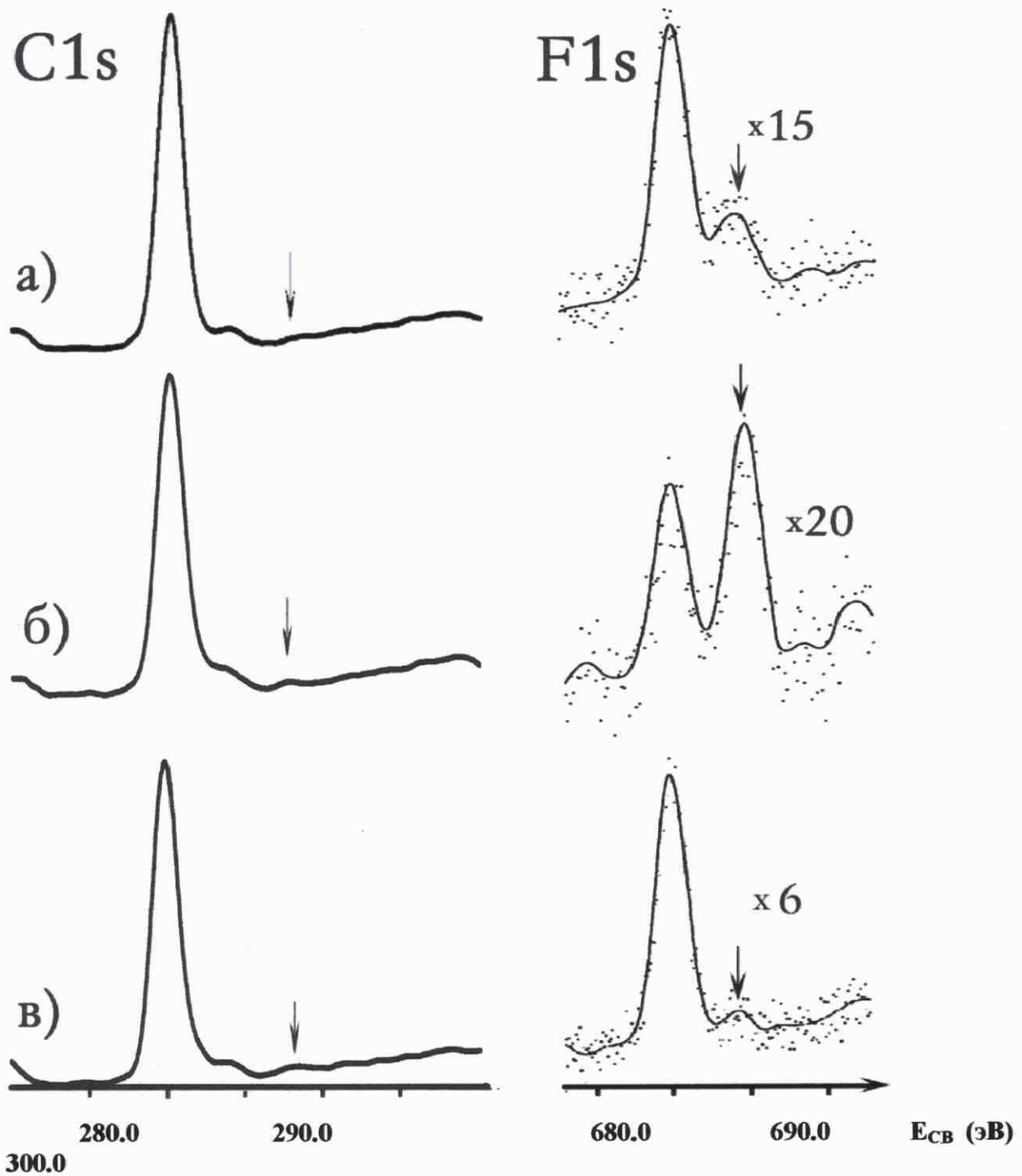


Рисунок 5. а) вход; б) средняя часть; в) выход. Стрелками отмечены пики углерода, ковалентно связанного с двумя атомами фтора и фтора ковалентно связанного с углеродом.

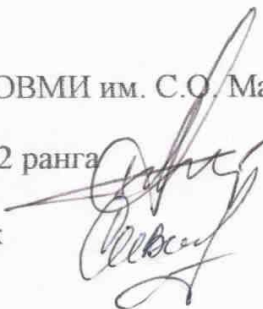
Изложенные факты дают основание утверждать:

1. На поверхности исследованных образцов присутствуют фтор-углеродные фрагменты, в которых углерод связан с двумя атомами фтора ковалентными связями, как и в политетрафторэтилене. Следовательно, несмотря на экстремальные условия при стрельбе: трение, давление и температура, сухая смазка ФОРУМ не только выполняет функцию смазки во время стрельбы, но и сохраняется на поверхности ствола после стрельбы, что указывает на ее высокую термическую и триботехническую стойкость.
2. Применение сухой смазки ФОРУМ положительно влияет на коррозионную стойкость поверхности канала ствола и на «живучесть» канала ствола в процессе боевой эксплуатации.

От ТОВМИ им. С.О. Макарова

кап. 2 ранга

п/п-к



Нагулов Б.В

Смольников И.В

От ИХ ДВО РАН



Цветников А.К.

Николенко Ю.М.