



(19) **RU** ⁽¹¹⁾ **2 195 987** ⁽¹³⁾ **C2**
(51) МПК⁷ **A 62 D 3/00**

РОССИЙСКОЕ АГЕНТСТВО
ПО ПАТЕНТАМ И ТОВАРНЫМ ЗНАКАМ

(12) **ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

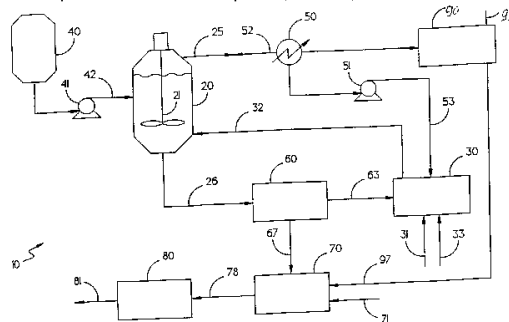
(21), (22) Заявка: 99115100/12, 08.12.1997
(24) Дата начала действия патента: 08.12.1997
(30) Приоритет: 12.12.1996 US 60/035,261
(43) Дата публикации заявки: 20.10.2001
(46) Дата публикации: 10.01.2003
(56) Ссылки: US 5536897 A1, 16.07.1996. RU 94012680 A1, 20.12.1995. US 5110364 A1, 05.05.1992. DE 3308179 A1, 29.11.1984.
(85) Дата перевода заявки РСТ на национальную фазу: 12.07.1999
(86) Заявка РСТ: US 97/22731 (08.12.1997)
(87) Публикация РСТ: WO 98/28045 (02.07.1998)
(98) Адрес для переписки: 119034, Москва, Пречистенский пер. 14, стр.1, 4 этаж, "Гоулингз Интернэшнл Инк.", В.Н.Дементьеву

(71) Заявитель:
КОММОДОР ЭППЛАЙД ТЕКНОЛОДЖИЗ, ИНК.
(US)
(72) Изобретатель: ЭБИЛ Элберт Е. (US),
МОУК Роберт В. (US), ГЕТМЭН Джерри Д.
(US), ХАНТЕР Вуд Е. (US)
(73) Патентообладатель:
КОММОДОР ЭППЛАЙД ТЕКНОЛОДЖИЗ, ИНК.
(US)
(74) Патентный поверенный:
Дементьев Владимир Николаевич

(54) СПОСОБ РАЗРУШЕНИЯ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ МАТЕРИАЛОВ

(57) Энергетические материалы, такие как нитроцеллюлоза, TNT, RDX и их комбинации, опционно в сочетании с химическими боевыми отравляющими веществами, такими как иприт, Люизит, Табун, Зарин, Зоман, VX и их комбинации, разрушают при вводе в реакцию с сольватированными электронами, которые преимущественно получают за счет растворения активного металла, такого как натрий, в азотистом основании, таком как безводный жидкий аммиак. Используемая для проведения процесса реакторная система включает в себя реакционный сосуд для ввода энергетического материала, сольватор, содержащий азотистое основание для растворения активного металла, конденсатор для обработки выходящего из реакционного сосуда газа, отстойник для разделения продуктов реакции на жидкую фракцию и

твердую фракцию, блок растворения для ввода твердой фракции в контакт с водой с получением жидкой смеси и аппарат для окисления жидкой смеси. Изобретение позволяет создать безопасный химический способ разрушения энергетических материалов. 17 з.п. ф-лы, 1 ил., 13 табл.



RU 2 195 987 C2

RU 2 195 987 C2



(19) **RU** ⁽¹¹⁾ **2 195 987** ⁽¹³⁾ **C2**
 (51) Int. Cl.⁷ **A 62 D 3/00**

RUSSIAN AGENCY
 FOR PATENTS AND TRADEMARKS

(12) **ABSTRACT OF INVENTION**

(21), (22) Application: 99115100/12, 08.12.1997
 (24) Effective date for property rights: 08.12.1997
 (30) Priority: 12.12.1996 US 60/035,261
 (43) Application published: 20.10.2001
 (46) Date of publication: 10.01.2003
 (85) Commencement of national phase: 12.07.1999
 (86) PCT application:
 US 97/22731 (08.12.1997)
 (87) PCT publication:
 WO 98/28045 (02.07.1998)
 (98) Mail address:
 119034, Moskva, Prechistenskij per. 14,
 str.1, 4 ehtazh, "Goulingz Internehshnl
 Ink.", V.N.Dement'evu

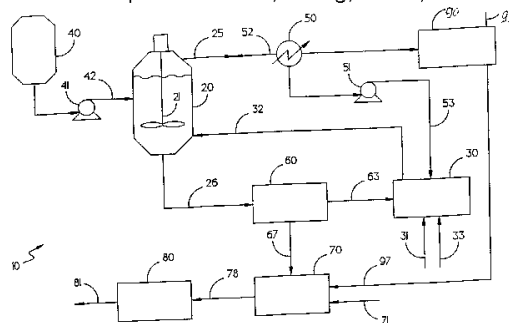
(71) Applicant:
KOMMODOR EhPPLAJD TEKNOLODZHIZ, INK.
 (US)
 (72) Inventor: EhBIL Ehlbert E. (US),
 MOUK Robert V. (US), GETMEhN Dzhherri D.
 (US), KhANTER Vud E. (US)
 (73) Proprietor:
KOMMODOR EhPPLAJD TEKNOLODZHIZ, INK.
 (US)
 (74) Representative:
 Dement'ev Vladimir Nikolaevich

(54) **METHOD OF DESTROYING ENERGY-BEARING MATERIALS**

(57) Abstract:

FIELD: explosive disposal. SUBSTANCE: energy-bearing materials such as nitrocellulose, trinitrotoluene, RDX, and their combinations, optionally with military poison-gases such as mustard gas, lewisite, Tabun, sarin, soman, VX, and their combinations, are destroyed by bringing into reaction with solvated electrons, which are chiefly generated by dissolving active metals, such as sodium, in nitrogen base such as anhydrous liquid ammonia. Reactor system for destruction process comprises reaction vessel to load energy-bearing material, dissolution vessel containing nitrogen base to dissolve active metal, condenser to process gas escaping reaction vessel, settler to separate reaction

products into liquid and solid fractions, dissolution unit to bring solid fraction into contact with water and produce liquid mixture, and liquid mixture oxidation apparatus. EFFECT: enabled safe chemical destruction process. 18 cl, 1 dwg, 13 tbl, 11 ex



RU 2 195 987 C2

RU 2 195 987 C2

Изобретение имеет отношение к области энергетических материалов, которые содержатся во взрывчатых веществах, в различных видах реактивного топлива и в пиротехнических составах. Более конкретно, в соответствии с настоящим изобретением предлагается химический способ разрушения (уничтожения) таких энергетических материалов за счет использования азотистого (азотного) основания в сочетании с активным металлом, что обеспечивает мощное восстановление с растворением металла, характеризующееся наличием сольватированных электронов.

Ряд заключенных в последнее время международных договоров и соглашений обязывает государства во всем мире сокращать их военные арсеналы. Например, в январе 1993 г. представители более чем 130 государств подписали окончательную редакцию Договора о запрещении химического оружия, который запрещает производство, использование, продажу и накопление любых видов химического оружия и их средств доставки, и призывает к уничтожению существующих запасов такого оружия к 2005 году. В 1993 г. около 20 стран подозревались во владении химическим оружием или в намерении осуществить его производство.

На имя правопреемника патентовладельца настоящей заявки 10 октября 1996 г. была подана заявка по договору о патентной кооперации PCT/US96/16303, в которой раскрыты химический способ и устройство для разрушения химического боевого отравляющего вещества (далее БОВ). Указанный способ предусматривает использование азотистого основания, возможно с активным металлом, для восстановления с растворением металла.

В большинстве случаев БОВ находятся в боеприпасах, которые содержат также и энергетические материалы (далее ЭМ). Примером химического оружия является ракета США типа M-55. В этом оружии уже наблюдалась утечка нервно-паралитического вещества типа Зарин или GB в разрывной заряд, причем уже было отмечено, что ракетное топливо также становится нестабильным. Ракетное топливо типа M-28 в ракете M-55 представляет собой смесь нитроцеллюлозы, тринитроглицерина, связующих веществ и стабилизаторов. Разрывной заряд, который разбрасывает (распыляет) нервно-паралитическое вещество при ударе ракеты, представляет собой взрывчатую смесь, которая включает в себя тринитротолуол (TNT) и циклотриметилентринитрамин (RDX), другое название которого "Композиция В".

Несмотря на то, что в указанной более ранней заявке уже предложено средство разрушения БОВ, остается ряд серьезных проблем, а именно необходимо предусмотреть способ демилитаризации взрывчатых веществ и/или различных видов ракетного топлива, используемых для доставки БОВ к цели и для разбрасывания БОВ, когда цель достигнута.

В соответствии с настоящим изобретением предлагается решение этой насущной проблемы за счет разрушения ЭМ, входящих во взрывчатые вещества и/или ракетное топливо, используемое как средство

доставки БОВ. Достаточно неожиданно заявители обнаружили, что ранее предложенный способ, предназначенный главным образом для разрушения БОВ, может быть также применен и для разрушения ЭМ, входящих в средства доставки БОВ. Это не только существенно упрощает разрушение всей упаковки опасных веществ, в которую входит БОВ, но и также представляет собой привлекательный способ разрушения ЭМ вне связи с БОВ. Вне связи с БОВ ЭМ используют в военных и гражданских организациях, а также индивидуально, в оружии различного вида, в том числе в оружии, используемом охотниками, а также при различных взрывных операциях, в том числе в горном деле, и т. п. В другом контексте ЭМ могут являться загрязнителями почвы в местах хранения опасных материалов, причем способ в соответствии с настоящим изобретением может быть с успехом применен для санации таких мест.

ЭМ включают в себя компоненты трех классов продуктов, а именно взрывчатых веществ, ракетного топлива и пиротехнических составов; см., например, Техническое руководство Департамента Армии США TM 9-1 300-214, "Военные взрывчатые вещества", Генеральный штаб, Департамент Армии США, 1984 г., а также учебник "Введение во взрывчатые вещества", представленный на семинаре по энергетическим материалам FAA (Управления гражданской авиации США), Авалон, штат Нью-Джерси, 14-17 апреля 1992 г. ЭМ во взрывчатых веществах и в ракетном топливе, когда действительно начались химические реакции, выделяют большие объемы горячих газов в короткое время, причем первичное отличие ракетного топлива от взрывчатых веществ состоит в скорости, при которой протекают реакции. Во взрывчатых веществах быстрая реакция создает ударную волну очень высокого давления, которая способна разрушать различные объекты. Ракетное топливо при более медленной реакции создает меньшее давление, но в течение более длительного промежутка времени. При использовании пиротехнических составов выделяются большие объемы тепла, но меньше газа, чем при применении взрывчатых веществ и ракетного топлива.

В общем виде, сгорание или детонация продуктов, содержащих ЭМ, связаны с протеканием экзотермических окислительно-восстановительных реакций. Несмотря на то, что настоящее изобретение может быть применено для разрушения некоторых компонентов пиротехнических составов, с большим успехом оно может быть использовано для разрушения ЭМ, которые входят в композиции, применяемые в первую очередь как взрывчатые вещества и/или ракетное топливо. Способ в соответствии с настоящим изобретением, который может быть применен для разрушения обычных средств доставки взрывчатых веществ или ракетного топлива, являющихся частью ядерного оружия, не предназначен для уничтожения собственно ядерного оружия.

В соответствии с указанным выше руководством TM 9-1 300-214, содержащиеся в оружии ЭМ не могут быть безопасно уничтожены за счет их растворения в воде и обработки полученного раствора как сточных

вод, так как они главным образом не растворяются в воде, часто являются токсичными и оказывают вредное воздействие на окружающую среду. В указанном руководстве говорится, что уничтожение ЭМ должно производиться за счет сжигания, детонации или химического разложения. Несмотря на то, что для уничтожения даже очень малых количеств (граммов) ЭМ за счет сжигания или детонации требуется прибегать к особым мерам предосторожности, не приводятся другие общие способы деструкции при помощи химических веществ.

Рекомендуется регенерация способных к расплавлению ЭМ с использованием горячей воды или пара. TNT, например, может быть расплавлен за счет контакта с кипящей водой или паром и может быть извлечен таким образом из боеголовки или другого устройства, где он содержался. Экстракция TNT сопровождается выпадением в осадок при помощи холодной воды. TNT может быть также регенерирован растворением, например, в бензине или ксилите с последующим испарением растворителя. Однако многие другие ЭМ не могут быть так легко регенерированы.

Взрывчатые композиции и в особенности композиции ракетного топлива могут содержать сложные смеси различных органических и неорганических химических соединений, а также дискретных физически отдельных компонентов во взрывчатой или топливной цепочке. В композицию совместно с ЭМ могут входить различные добавки, например, для управления чувствительностью к удару или, что особенно касается случая ракетного топлива, для поддержания температуры пламени в определенных пределах и получения максимального энергетического выхода при заданном ограничении температуры.

Окислительно-восстановительные реакции для ЭМ главным образом инициируются в небольшом количестве чувствительного к удару первичного взрывчатого вещества или детонатора, с использованием механических, электрических или термических средств, после чего срабатывает бустер или вторичное взрывчатое вещество, которое представляет собой большую часть компонента ЭМ в заряде. Содержащие азот компоненты очень широко применяют в ЭМ как бустеры или вторичные заряды, причем этими компонентами часто являются неорганические нитраты или органические нитросоединения. Однако во взрывчатые вещества и ракетное топливо часто включают соединения, которые не являются ни нитратами, ни нитросоединениями, например соли металлов, которые используют в детонаторах; указанное делает невозможным разработку достаточно универсального химического процесса, который мог бы быть использован для разрушения любого ЭМ или смеси, без существенного риска взрыва.

Химия восстановления с растворением металла не является новой; она входит в хорошо известное "Восстановление Берча", впервые опубликованное в технической литературе в 1944 г. Восстановление Берча представляет собой способ восстановления ароматических колец при помощи щелочных

металлов в жидком аммиаке, с получением главным образом дигидро производных; см., например, "Индекс Мерк", 12-е издание, Merck & Co., Inc., Whitehouse Station, NJ, 1996, p. ONR-10.

Такие виды восстановления с растворением металла были предметом множества дальнейших исследований и многочисленных публикаций. Обзор таких публикаций содержится в статьях G. W. Watt, Chem. Rev., 46, 317-379 (1950) и M. Smith, "Восстановления с растворением металла", в сборнике "Восстановление: Технологии и применения в органическом синтезе", редактор R. L. Augustine, Marcel Decker, Inc., New York, NY, 1968, pp. 95-170. Химия восстановления с растворением металла может быть применена для соединений, которые содержат широкий диапазон функциональных групп.

Например, алкилнитросоединения могут быть восстановлены в соответствующие алкилгидроксиламины при помощи натрия и жидкого аммиака; см. приведенную выше публикацию M. Smith, p. 115, а ароматические нитросоединения могут быть восстановлены в соответствующие амины при помощи лития/аминного реагента; см. R. Benkeser и др., J. Am. Chem. Soc., 80, 6593 (1958) и приведенную выше публикацию G. W. Watt, p. 356. Полная реакция от $-NO_2$ до $-NH_2$ требует 6 молей активного металла, например, Na, на один моль $-NO_2$; 2 моля активного металла на один моль $-NO_2$ позволяют получить соответствующий гидросиламин $-NHOH$. Известно, что динитроцеллюлоза может выделять производную амина при обработке амином натрия в жидком аммиаке; см. P. Scherer и др., Rayon Textile Monthly, 28, 72 (1947); CA 2101f (1948). Совсем мало публикаций в технической литературе, где описано восстановление с растворением металла соединений, содержащих несколько нитрогрупп.

Хорошо известно, что большинство химических реагентов являются видоспецифическими; это означает, что химический реагент главным образом вступает в реакцию с веществом, которое содержит специфическую функциональную группу. Кислота легче вступает в реакцию с основанием, чем с другой кислотой. Окислительный агент вступает в реакцию с восстановительным агентом. При использовании такой видоспецифической химии для разрушения ЭМ в первую очередь следует установить идентичность уничтожаемого ЭМ или смеси ЭМ для выбора надлежащего реагента или комбинации реагентов, вступающих в реакцию с этим конкретным материалом.

При проведении операций традиционной химической обработки ранее часто требовалось использование оператора для перемещения ЭМ. Такие операции перемещения могут включать в себя, например, извлечение взрывчатого вещества или ракетного топлива, которые содержат ЭМ, из боеголовки или корпуса ракеты, из контейнера или другой оболочки, что создает высокую опасность контакта персонала с ЭМ. Загрузка извлеченного таким образом из конвейера материала, содержащего ЭМ, в реакционный сосуд создает еще одну

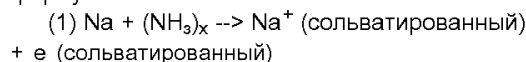
возможность контакта оператора с ЭМ.

Наконец, традиционные химические способы, которые могли бы быть предложены для деструкции ЭМ, требуют высоких капложений в оборудование, технические средства и средства индивидуальной безопасности, причем обработка является длительной и трудоемкой. Кроме того, необходимо учитывать еще и стоимость хранения отходов после проведения химической деструкции ЭМ. В свете всего этого можно понять, почему в сравнении с такими видами химической обработки сжигание или детонация содержащих ЭМ композиций, при которых получают воду, диоксид углерода и неорганические соли (в идеальном случае), представляется относительно привлекательным.

С учетом изложенного существовала и продолжает существовать необходимость в безопасном химическом способе разрушения ЭМ общего применения. Среди задач, достигаемых при помощи такого способа, можно указать способность разрушения широкого диапазона ЭМ с отличающимися функциональными группами, которые находятся во взрывчатых веществах и ракетном топливе, просто и экономично и с минимальным воздействием на окружающую среду, гибкость использования в широком диапазоне температур, а также универсальность обработки ЭМ вне зависимости от вида оружия или контейнера, в котором заключен ЭМ, его текущего местоположения и физического состояния, а также возможного присутствия других кандидатов для разрушения, таких как БОВ.

Объектом настоящего изобретения является создание химического способа разрушения ЭМ, который позволяет решить указанные задачи. Дополнительные объекты станут ясны из последующего изложения. В связи с изложенным, способ в соответствии с настоящим изобретением предусматривает проведение для ЭМ восстановления с растворением металла. Более конкретно, преимущественный вариант способа включает в себя операции создания реакционной смеси, приготовленной из исходных материалов, которая содержит азотистое основание, по меньшей мере, один ЭМ и активный металл в количестве, достаточном для разрушения ЭМ, и затем осуществление реакции смеси.

Можно полагать, что растворение активного металла, такого как натрий, в азотистом основании, таком как жидкий аммиак, позволяет получить "сольватированные электроны", которые создают интенсивный синий цвет результирующих растворов, в соответствии с формулой



В соответствии с настоящим изобретением способ разрушения ЭМ включает в себя, в широком смысле, обработку ЭМ сольватированными электронами. Этот способ может быть применен для разрушения не только таких ЭМ, которые все еще находятся в первичном состоянии, в котором они были произведены, но и ЭМ, которые находятся в поврежденных взрывчатых веществах и ракетном топливе, хранившихся в течение многих лет, в

некоторых случаях с первой мировой войны или даже раньше, или же таких ЭМ, которые были захоронены на свалках. Такие взрывчатые вещества или ракетное топливо из их исходного состояния уже трансформированы в продукты неизвестного состава, токсичности и чувствительности к удару.

Неожиданным преимуществом настоящего изобретения является возможность разрушения не только ЭМ, но комбинации ЭМ и БОВ (далее ЭМ/БОВ), когда это имеет место, причем технологии, применимые главным образом для разрушения БОВ, такие как раскрытые и заявленные в более ранней заявке РСТ/US96/16303 от 10 октября 1996 г, также применимы и для разрушения ЭМ. Полезным следствием этого является тот факт, что для разрушения БОВ в близком соседстве с тем ЭМ, который предназначен для доставки оружия или разбрасывания БОВ из боеголовки, корпуса, оболочки или иного контейнера для конечного назначения, возможно проводить обработку как БОВ, так и компонентов ЭМ военного снаряжения одним и тем же реагентом и одновременно, в результате чего существенно снижаются стоимость обработки и сложность демилитаризации.

Таким образом, способ в соответствии с настоящим изобретением совершенно неожиданно хорошо подходит для разрушения не только исходных сыпучих ЭМ, но и таких ЭМ, которые присутствуют в военном снаряжении, где возможно может быть и БОВ, несмотря на наличие загрязнителей и возможность из-за них побочных реакций. Реакционная смесь может быть создана на месте нахождения, то есть в той же оболочке, патроне, ракете или военном снаряжении, в котором найдены ЭМ/БОВ. Более того, способ в соответствии с настоящим изобретением может быть также применен для санации почв, загрязненных различными ЭМ и твердыми веществами, которые содержат ЭМ/БОВ.

Большинство, если не все, из уже предложенных традиционных химических реакций для разрушения оружия, таких как реакции между кислотами и основаниями, гидролиз эфиров и аминов с водой, энолизация и т. п., являются равновесными, следствием чего является то, что прямая реакция не идет до ее завершения. Если использовать такую реакцию для обработки ЭМ или взрывчатых веществ или ракетного топлива, содержащих ЭМ, существует реальная возможность неполного разрушения ЭМ в процессе. Удивительным образом обработка ЭМ по способу в соответствии с настоящим изобретением ведет к получению продуктов, содержание остаточного ЭМ в которых находится ниже предела обнаружения с использованием обычных методик, таких как инфракрасная техника или ядерная магнитная резонансная спектроскопия, а также мокрая химия.

За счет использования способа в соответствии с настоящим изобретением достигается разрушение, по меньшей мере, около 90% по весу ЭМ, часто ориентировочно более 95%, а в благоприятных случаях более 97%. При оптимальных условиях способ в соответствии с настоящим изобретением позволяет достичь ориентировочно 99%

разрушения ЭМ.

Благоприятный результат может быть предположительно вызван тем фактом, что химическая реакция не протекает при обычном химическом равновесии. Можно полагать, что реакция сольватированных электронов у ковалентной химической связи А-В протекает следующим образом:

(2) $A-B + 2[Na^+ \text{ (сольватированный)} + e \text{ (сольватированный)}]$

$Na^+A^- \text{ (сольватированный)} + V^-Na^+ \text{ (сольватированный)}$

Указанная реакция может идти до полного завершения по той причине, что ввод энергии, необходимый для достижения переходного состояния от стабилизированных в растворителе продуктах является очень высоким по причине наличия силы отталкивания между анионами A^- и V^- .

За счет использования способа в соответствии с настоящим изобретением для разрушения высокотоксичных или чувствительных к удару ЭМ главным образом получают вещества с существенно меньшей токсичностью для млекопитающих или без нее, а также с существенно сниженной чувствительностью к удару. В контексте настоящего изобретения термины "разрушение", "деструкция" или иные подобные в применении к ЭМ обозначают его трансформацию в другую химическую категорию. В большинстве случаев при деструкции происходит разрыв одной или нескольких химических связей.

Сольватированные электроны в отличие от других видоспецифических реагентов способны действовать как мощные восстанавливающие агенты по отношению к широкому диапазону ЭМ, с преобразованием органических соединений в соли или ковалентно связанные соединения, а также с преобразованием неорганических веществ в свободные металлы и/или побочные продукты, которые имеют существенно меньшую чувствительность к удару, чем ЭМ реагенты. По желанию результирующие продукты могут быть подвергнуты дальнейшей обработке.

Обычно легче создавать сольватированные электроны, которые требуются для проведения преимущественного способа в соответствии с настоящим изобретением, химическими средствами, такими как реакция между содержащим ЭМ азотистым основанием и активным металлом. Однако деструкция ЭМ по способу в соответствии с настоящим изобретением может быть осуществлена вне зависимости от вида источника сольватированных электронов. Например, известно, что сольватированные электроны могут быть получены в азотистом основании, а также в других растворяющих жидкостях, за счет электрохимических средств. Результирующая содержащая сольватированные электроны среда может быть также использована в процессе в соответствии с настоящим изобретением для осуществления реакции ЭМ или ЭМ/БОВ в этой среде.

Несмотря на то, что процесс в соответствии с настоящим изобретением может быть проще проведен для исходных сыпучих ЭМ, в соответствии с настоящим изобретением предусматривается также

демилитаризация военного снаряжения в системах его доставки. Важный вариант процесса может быть осуществлен при минимальной обработке ЭМ человеком вручную и при незначительном воздействии ЭМ или ЭМ/БОВ на персонал при проведении процесса.

Преимущественно способ в соответствии с настоящим изобретением может быть осуществлен без разделения ЭМ или ЭМ/БОВ из взрывчатых веществ или ракетного топлива, частью которых они являются, без извлечения ЭМ из их исходных контейнеров, а также без проведения анализа для определения, какой конкретно ЭМ или ЭМ/БОВ имеется в наличии. Вместо этого в соответствии с настоящим изобретением предусматривается осуществление реакций непосредственно в боевом снаряжении, оболочке, контейнере, ракете или упаковке, где содержится ЭМ или ЭМ/БОВ, в результате чего снижается риск воздействия на персонал. Это означает, что реакционная смесь, которая включает в себя азотистое основание, активный металл и содержащее ЭМ взрывчатое вещество или ракетное топливо, а также БОВ, если оно есть, создается в собственном исходном контейнере, возможно в месте нахождения ЭМ и том состоянии, в котором ЭМ находится.

Уже известны технологии, при помощи которых возможен доступ в боеголовки, оболочки и другие контейнеры. Отверстия, образованные в оболочках или корпусах, позволяют произвести ввод в них азотистого основания и активного металла.

Альтернативно, содержащий сольватированные электроны реагент может быть приготовлен вне исходного контейнера и введен через отверстие или отверстие в исходный контейнер. Более того, обработка является настолько дешевой и простой, что она может быть проведена для ЭМ (и БОВ, если оно есть) на месте нахождения в исходном контейнере при помощи генератора сольватированных электронов, установленного на транспортном средстве.

Содержащий сольватированные электроны реагент может быть также введен для промывки и деконтаминации контейнеров, использовавшихся ранее для хранения ЭМ или ЭМ/БОВ. Способ в соответствии с настоящим изобретением также включает в себя детоксикацию и деконтаминацию упаковки, оборудования, инструментов, одежды, почвы и других матриц и веществ, загрязненных ЭМ или БОВ, если оно есть.

Несмотря на то, что способ в соответствии с настоящим изобретением может быть осуществлен в исходных контейнерах для хранения ЭМ, во многих случаях, особенно когда ЭМ представлен в виде сыпучего материала или содержится во взрывчатом веществе или ракетном топливе, извлеченном из оружейного контейнера, может быть удобно проводить способ в соответствии с настоящим изобретением в специально сконструированном для этой цели устройстве. Подходящее устройство было раскрыто в более ранней заявке РСТ/US96/16303 от 10 октября 1996 г. Это устройство включает в себя реакторную систему, которая может быть использована для проведения химической реакции между многими органическими и неорганическими

соединениями, а преимущественно между жидкими соединениями или такими соединениями, которые могут быть сжижены за счет расплавления или растворения в растворителе, и реагентом, который содержит сольватированные электроны. Реакторная система включает в себя реакционный сосуд (реактор), в котором содержатся компоненты реагента в смеси с азотистым основанием, которое содержит сольватированные электроны, конденсатор для обработки газов, выходящих из реактора, отстойник для получения продуктов реакции из реактора и для разделения продуктов реакции на жидкую и твердую фракции, а также диссольвер (устройство для растворения) для приема твердой фракции и ее обработки водой или другим растворителем, с получением жидкой смеси для последующего удаления в отходы.

Указанные ранее и другие характеристики изобретения будут более ясны из последующего детального описания, в том числе приведенного со ссылкой на сопроводительный чертеж, и из конкретных примеров.

На чертеже приведена структурная схема одного из вариантов устройства, который подходит для осуществления способа в соответствии с настоящим изобретением. Это устройство было раскрыто в более ранней заявке PCT/US96/16303 от 10 октября 1996 г.

Несмотря на то, что способ в соответствии с настоящим изобретением может быть применен для разрушения широкого диапазона ЭМ, введенных во взрывчатые вещества, ракетное топливо и пиротехнические составы, этот способ особенно эффективен, когда ЭМ или комбинация ЭМ представляет собой единственный компонент во взрывчатом веществе, ракетном топливе или пиротехническом устройстве, который вступает в реакцию при условиях, предусмотренных для осуществления способа в соответствии с настоящим изобретением. Способ особенно эффективен, когда ЭМ или комбинация ЭМ входит в композицию взрывчатого вещества или ракетного топлива. Пиротехнические составы часто содержат главным образом пирогорические материалы, пигменты и красители, выделяющие дым материалы и т. п., которые могут вести к побочным реакциям при условиях, предусмотренных для осуществления способа в соответствии с настоящим изобретением. В дальнейшем описании использованы обозначения для ЭМ, примененные в указанном здесь ранее руководстве ТМ 9-1 300-214. В этой публикации содержится ряд структурных формул для ЭМ, а также детальная информация о них.

Содержащие ЭМ взрывчатые вещества, обработка которых может быть проведена по способу в соответствии с настоящим изобретением, включают в себя первичные взрывчатые вещества, бустеры и вторичные взрывчатые вещества. Первичные взрывчатые вещества обладают высокой чувствительностью и используются как инициаторы для включения цепочки окисления-восстановления, ведущей к детонации. Бустерные заряды являются менее чувствительными и используются в большом количестве для инициации

окисления-восстановления и для обеспечения детонации вторичного взрывчатого вещества, которое представляет собой основной или разрывной заряд. Этот заряд является наименее чувствительным материалом в цепочке. ЭМ, которые используют в первичных взрывчатых веществах, несколько отличаются химически от ЭМ для бустеров и вторичных взрывчатых веществ, но бустерные и вторичные взрывчатые вещества подвергаются обработке совместно, так как в них может быть использован один и тот же ЭМ.

ЭМ, которые используют в первичных взрывчатых веществах, включает в себя, но без ограничения, азид свинца $Pb(N_3)_2$; гремучую ртуть $Hg(ONC)_2$; 4,5-динитробензол-2-диазо-1-оксид "DDNP"; стифнат свинца, который представляет собой свинцовую соль 1,3-дигидрокси-2,4,6-тринитробензола; тетрацен, который также известен как хинилдiazохинилтетрацен или 4-хинил-1-(нитрозоаминхинил)-1-тетрацен; калий динитробензофуросан "KDNEF"; свинец монокитратрезорцинат "LMNR"; и их комбинации. Все указанные ЭМ включают в себя или металл в состоянии положительной валентности, или, по меньшей мере, одну нитро- или диазогруппу.

ЭМ, которые используют в бустерах и во вторичных взрывчатых веществах, относятся к различным классам и могут включать в себя алифатические нитратэфиры, нитрамины, нитроароматические вещества, нитрат аммония и их смеси. Используемые в промышленности ЭМ могут содержать, по меньшей мере, один оружейный ЭМ, а также другое близкое соединение или аналогичную структуру.

ЭМ с алифатическими нитратэфирами характеризуются наличием групп C-O-NO₂ и содержат, но без ограничения, например, 1,2,4-бутантриол тринитрат "BTN"; диэтиленгликоль динитрат "DEGN"; нитроцеллюлозу "NC" различных типов в зависимости от содержания азота; нитроглицерин "NG" или глицерол тринитрат; нитрокрахмал "NS", который аналогичен нитроцеллюлозе; пентаэритритол тетранитрат "PETN"; триэтиленгликоль динитрат "TEGN" или "TEGDN"; и 1,1,1-триметилолетан тринитрат "TMETN" или "MTN".

ЭМ с нитраминами характеризуются наличием групп N-NO₂ или N⁺-NO₃⁻ и содержат, но без ограничения, например, циклотетраметилентетранитрамин "HMX"; циклотриметилентринитрамин (RDX); этилендиамин динитрат "EDDN"; этилендинитрамин "Haleite" (Халеит); нитрохинин "HG"; и 2,4,6-тринитрофенилметилнитрамин "Tetryl" (Тетрил), который может быть также отнесен к классу нитроароматических соединений; см. ниже.

Нитроароматические ЭМ характеризуются наличием одного или нескольких структурных блоков C-NO₂ и содержат, но без ограничения, например, пикрат аммония "Dunnite" (Дуннит) или аммоний 2,4,6-тринитрофенолат; 1,3-диамино-2,4,6-тринитробензол "DATB"; 2,2', 4,4', 6,6'-гексанитроазобензол "HNAB"; гексанитростилбен "HNS";

1,3,5-триамино-2,4,6-тринитробензол "ТАТВ"; и 2,4,6-тринитротолуол "ТНТ" (ТНТ).

Нитрат аммония NH^+NO_3^- сам по себе образует отдельный класс и является наименее чувствительным из взрывчатых веществ военного применения. Множество других взрывчатых веществ может быть получено при смешивании различных ЭМ, причем возможны мириады комбинаций, из которых здесь указано только представительное их число; другие описаны в указанном руководстве ТМ 9-1 300-214 и в других публикациях. В их число входят бинарные смеси, например "Amatols" (Аматол), который представляет собой смесь нитрата аммония и TNT (ТНТ); "Композиция А", которая представляет собой смесь RDX и десенсибилизатора, такого как воск; "Композиция В" (циклотол), которая представляет собой смесь RDX и TNT; "Композиция С", которая представляет собой смесь RDX и пластификатора; "Ednatols" (Эднатол), который представляет собой смесь Халеита и TNT; "Octols" (Октол), который представляет собой смесь HMX и TNT; и "Pentolite" (Пентолит), который представляет собой смесь PETN/TNT; и т.п.

Третичные смеси включают в себя "Amatex 20" (Аматекс 20), который включает в себя RDX, TNT и нитрат аммония; и "Аммонал", который включает в себя смеси нитрата аммония и алюминия, совместно с взрывчатыми веществами высокой эффективности, такими как TNT, DNT и RDX. Среди других смесей можно указать HBX, H-6, HTA, Minol-2, Toгрех и т.п. Примером четверичной смеси является BBX, который включает в себя TNT, RDX, нитрат аммония и алюминий. Среди других смесей можно указать связанные в пластике взрывчатые вещества (пластиды) или PBX, которые содержат одно или несколько взрывчатых веществ высокой эффективности, таких как RDX, HMX, HNS и/или PETN, в смеси с полимерной связкой, резиной, пластификатором и топливом, таким как порошок алюминия или железа.

Взрывчатые вещества промышленного применения включают в себя динамит, который представляет собой смесь нитроглицерина и глины, такого как Kieserguhr. Другие широко используемые взрывчатые вещества промышленного применения представляют собой смесь нитрата аммония и нефтяного топлива "ANFO". В промышленности также используют взрывчатые вещества в виде водяного геля или суспензии, среди которых можно указать нитрат аммония, Пентолит, TNT и т.п.

Можно полагать, что способ в соответствии с настоящим изобретением позволяет производить разрушение указанных взрывчатых смесей и промышленных взрывчатых веществ аналогично разрушению индивидуальных взрывчатых компонентов, описанному выше.

ЭМ, которые содержатся в ракетном топливе, представляют собой такие же описанные ранее ЭМ, которые применяют во взрывчатых веществах. Основные виды ЭМ, которые используют в ракетном топливе, включают в себя нитроцеллюлозу, нитроглицерин и нитрогуанидин. Обычно присутствуют и другие компоненты для управления температурой пламени, для

минимизации содержания энергии при этой температуре, снижения тенденции пушки создавать вторичную вспышку, для минимизации эрозии ствола, придания полезных физических свойств ракетному топливу, а также для снижения стоимости. В типичных видах ракетного топлива присутствуют приведенные в Таблице 1 следующие компоненты, где указаны и общие диапазоны содержания многих из них, хотя не все эти ингредиенты обязательно присутствуют в конкретном виде ракетного топлива.

Таблица 1
Типичные компоненты композиций ракетного топлива

Компонент	Диапазон, вес.%
Нитроцеллюлоза (около 13% N)	20-100
Нитроглицерин	10-43
Нитрогуанидин	48-55
Нитрат бария	1,4
Нитрат калия	0,75-1,25
Карбонат свинца	
Стеарат свинца	
Динитротолуол	8-10
Дибутилфталат	3-9
Диэтилфталат	3
Диметилфталат	
Дифениламин	0,7-1
Нитродифениламин	
Этил централит	0,6-1,5
Графит	0,1-3
Криолит	0,3
Триацетин	

Другие компоненты (не ЭМ) типичных видов ракетного топлива несущественно влияют на способ в соответствии с настоящим изобретением и разрушение ЭМ компонентов происходит в соответствии с ожиданиями, в зависимости от их структуры, как это описано выше.

Что касается активного металла, применяемого в способе в соответствии с настоящим изобретением, то, несмотря на то, что в литературе сообщается об использовании ряда таких металлов, как Mg, Al, Fe, Sn, Zn и их сплавов для восстановления с растворением металла, в способе в соответствии с настоящим изобретением преимущественно выбирают активный металл из одного или комбинации металлов группы IA или IIA периодической системы элементов, а именно из щелочных или щелочноземельных металлов. По причинам экономии и доступности преимущественно выбирают активный металл из Li, Na, K, Ca или их смесей. В большинстве случаев используют дающий удовлетворительные результаты натрий по причине его доступности и малой стоимости.

Азотистое основание, требующееся в данном процессе, может быть выбрано из аммиака, аминов или из их смесей. Безводный жидкий аммиак легко доступен, так как он применяется как удобрение в сельском хозяйстве, а также имеет относительно малую стоимость, поэтому он является преимущественным азотистым основанием. Однако аммиак закипает при температуре около -33°C , что вызывает необходимость охлаждения растворов жидкого аммиака, причем раствор также должен находиться под давлением, если иным образом не замещают (не пополняют) испаренный аммиак. В тех случаях, когда указанное создает неудобства,

в качестве азотистого основания может быть использован ряд аминов, которые являются легко доступными.

Среди представительных классов полезных аминов можно указать первичные амины, вторичные амины, третичные амины и их смеси. В качестве конкретных примеров таких аминов можно указать алкиламины, такие как метиламин, этиламин, n-пропиламин, изопропиламин, 2-метилпропиламин и t-бутиламин, которые являются первичными аминами; а также диметиламин и метилэтиламин, которые являются вторичными аминами; а также триэтиламин, который является третичным амином. Также могут применяться ди- и триалкиламины, а также насыщенные циклические амины, такие как пиперидин. Преимущественно используют амины, которые являются жидкими при желательной температуре реакции, среди которых можно указать как особенно полезные метиламин (температура кипения (т.к.) -6,3°C), этиламин (т.к. 16,6°C), пропиламин (т.к. 49°C), изопропиламин (т.к. 33,0°C), бутиламин (т.к. 77,8°C) и этилендиамин (т.к. 116,5°C). В некоторых случаях полезна комбинация азотистого основания с другим растворителем, таким как эфир; например, тетрагидрофуран, диэтилэфир, диоксан, 1,2-диметоксиэтан или углеводород; например пентан, декан и т.д. При выборе азотистого основания и любого включенного в него соразработителя следует иметь в виду, что сольватированные электроны являются чрезвычайно химически активными, так что преимущественно ни азотистое основание, ни входящий в него соразработитель не должны содержать групп, которые соперничают с ЭМ и вступают в реакцию с сольватированными электронами. Среди таких групп можно указать, например, ароматические углеводородные группы, которые могут испытывать восстановление Берча, а также кислотные, гидроксильные, сульфидные, галогеновые и ненасыщенные этиленовые группы, которые в основном должны быть исключены (если только они не входят в вещества, которые должны быть разрушены), чтобы таким образом предотвратить нежелательные побочные реакции, на которые расходуются без пользы реагенты. Воду также следует исключить, хотя вода может быть иногда эффективно использована при доводке продукта. Есть сообщения, что в некоторых случаях полезно присутствие содержащего гидроксильную группу спирта.

Несмотря на наличие таких указаний, достаточно неожиданно было обнаружено, что даже если восстановление с растворением металла проводят в полевых условиях в присутствии влаги, воздуха и ряда оказывающих вредное воздействие загрязнителей, то, несмотря на это, деструкция ЭМ по способу в соответствии с настоящим изобретением протекает весьма успешно.

Несмотря на то, что иногда преимущественно используют и другие условия, способ в соответствии с настоящим изобретением преимущественно осуществляют при температуре в диапазоне ориентировочно от -35°C до 50°C, причем, несмотря на то, что реакция может быть осуществлена и при давлении ниже

атмосферного, данный способ преимущественно осуществляют при давлении в диапазоне ориентировочно от атмосферного до 21 кг/см² (300 psi, фунтов на кв. дюйм). Более предпочтительно данную реакцию осуществляют при комнатной температуре, например, при температуре около 20°C (68°F), и при давлении около 9,1 кг/см² (129 psi).

При осуществлении способа в соответствии с настоящим изобретением отношение азотистого основания к ЭМ в реакционной смеси преимущественно лежит в диапазоне ориентировочно от 1/1 до 10000/1 (по весу), более предпочтительно лежит в диапазоне ориентировочно от 10/1 до 1000/1, а еще лучше лежит в диапазоне ориентировочно от 100/1 до 1000/1.

Содержание активного металла должно преимущественно лежать в диапазоне ориентировочно от 0,1% до 12% (по весу, от веса смеси); а более предпочтительно в диапазоне ориентировочно от 2% до 10%.

Реакционная смесь преимущественно имеет отношение по весу металл/ЭМ, составляющее ориентировочно от 0,1 до 2,0, более предпочтительно ориентировочно от 0,15 до 1,5, а еще лучше ориентировочно от 0,2 до 1,0. В любом случае, когда используют активный металл, в реакционной смеси должно быть, по меньшей мере, 2 моля активного металла на 1 моль ЭМ, если при разрушении ЭМ требуется разрыв ковалентной связи. Если при разрушении ЭМ требуется разрыв ионной связи, как в случае соли, то молярное количество активного металла в смеси должно быть, по меньшей мере, равно молярному количеству ЭМ, умноженному на положительный заряд, формально имеющийся у катионного компонента е связи.

Ход реакции с использованием сольватированных электронов можно легко проследить по синей окраске реакционной смеси, которая является характерной для растворов азотистого основания и активного металла, то есть для сольватированных электронов. Исчезновение синей окраски является сигналом о том, что ЭМ вступил в реакцию со всеми сольватированными электронами, при этом следует произвести добавку активного металла или раствора, содержащего сольватированные электроны, для обеспечения, по меньшей мере, стехиометрически необходимого количества вступившего в реакцию активного металла на моль ЭМ. Во многих случаях добавку активного металла или сольватированных электронов преимущественно продолжают до завершения реакции ЭМ с сольватированными электронами, причем индикацией такого состояния является сохранение синего цвета смеси. Реакция между ЭМ и сольватированными электронами протекает быстро и в большинстве случаев полностью завершается в течение нескольких минут или часов.

В особенно предпочтительном варианте способа в соответствии с настоящим изобретением первоначально готовят реакционную смесь из исходных материалов, в которую входит:

(1) азотистое основание, выбранное из группы, образованной аммиаком, аминами и их смесью; причем амины выбирают из

группы, в которую входят метиламин, этиламин, пропиламин, изопропиламин, бутиламин и этилендиамин; (2) по меньшей мере, один ЭМ, который содержит композицию, выбранную из группы, в которую входят взрывчатые вещества, ракетное топливо и пиротехнические составы; после чего смесь вводят в реакцию для разрушения, по меньшей мере, около 90%, преимущественно, по меньшей мере, около 95%, а более предпочтительно, по меньшей мере, около 99% по весу ЭМ.

По меньшей мере, в случае использования в полевых условиях предпочтительным является отдельное приготовление раствора, в который входит активный металл и азотистое основание, после чего в раствор азотистого основания вводят ЭМ. Также рекомендуется по завершении процесса произвести разрушение любого остаточного, избыточного или не вступившего в реакцию активного металла, например, при помощи добавки в реакционную смесь спирта, такого как изопропанол, ранее удаления азотистого основания.

Реакция разрушения ЭМ может быть осуществлена в исходном контейнере, в особенности в том случае, когда имеется достаточный объем свободного пространства, в котором могут быть размещены реагенты, необходимые для протекания процесса. В контейнере с ЭМ должны быть созданы подходящие условия для протекания реакции. Контейнер с ЭМ, который был захоронен в земле в течение некоторого времени и подвергся коррозии, не может быть использован как реакционный сосуд. Однако основная трудность в этом случае возникает не из-за того, что произошло разложение ЭМ, а потому что контейнер не обеспечивает достаточную физическую целостность для удержания реакционной смеси.

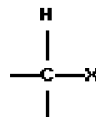
Изобретение может быть также применено для проведения реакции в реакторе или реакторной системе, подходящих для размещения в них исходных контейнеров, которые не имеют достаточного объема свободного пространства для ввода необходимого количества азотистого основания или производимого ввне раствора сольватированных электронов, или которые находятся в таком плохом физическом состоянии, что не могут удерживать реакционную смесь. В таких случаях разрушение ЭМ может быть проведено при открывании или разрыве исходных контейнеров и при помещении открытых или разделенных частей контейнеров с ЭМ в специальную реакторную систему или реактор большего размера, в котором и проводят реакцию деструкции ЭМ. При использовании такой методики может быть одновременно произведена обработка как ЭМ, так и исходных контейнеров.

Вне зависимости от того, проводится ли разрушение ЭМ в исходном контейнере, в полевых условиях, в реакторной системе или в реакторе с использованием сыпучего (объемного) источника ЭМ, по меньшей мере, два моля сольватированных электронов обычно требуются на каждый моль ЭМ, при разрушении которого следует разрывать ковалентную связь, что следует из приведенного ранее уравнения (II). С другой

стороны, полезно иметь избыток сольватированных электронов, что позволяет, например, разрывать в ЭМ две или четыре связи. Полученные за счет более интенсивной реакции продукты легче обрабатывать с точки зрения безопасности персонала и/или опасности для окружающей среды.

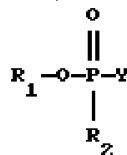
В том случае, когда ЭМ находится в военном снаряжении совместно с БОВ, которое также подлежит разрушению, очевидно, что количества азотистого основания и активного металла должны быть увеличены, чтобы произвести разрушение как ЭМ, так и БОВ. В общем смысле, отношения количеств различных компонентов реакционной смеси аналогичны вне зависимости от того, вступает в реакцию ЭМ или БОВ; при этом количества ЭМ и БОВ просто могут быть сложены (просуммированы), а количества других компонентов реакционной смеси рассчитаны из приведенных выше соотношений.

Несмотря на то, что способ в соответствии с настоящим изобретением применим для разрушения широкого диапазона БОВ в комбинации с ЭМ, предложенный способ особенно эффективен в том случае, когда БОВ выбрано из группы, в которую входят нарывные отравляющие вещества, нервно-паралитические отравляющие вещества и их смеси, причем формула такого нарывного отравляющего вещества содержит, по меньшей мере, одну группу в соответствии с формулой



(III)

в которой X представляет собой галоген; а формула такого нервно-паралитического отравляющего вещества выглядит следующим образом:



(IV)

в которой R₁ представляет собой алкил, R₂ выбран из алкила и amino, а Y представляет собой уходящую группу.

В нарывных отравляющих веществах, к которым может быть применен способ в соответствии с настоящим изобретением, в указанной формуле (III) X преимущественно выбран из фтора, хлора и брома. Так как в большинстве распространенных нарывных отравляющих веществ X представляет собой хлор, то X в формуле (III) по этой причине предпочтительно является хлором. Два из широко распространенных и поэтому важных нарывных отравляющих веществ, к которым может быть применен способ в соответствии с настоящим изобретением, представляют собой иприт (горчичный газ), который также известен как "HD" или 1,1'-тиобис(2-хлорэтан), или ди(2-хлорэтил)сульфид, а также Люизит или дихлоро(2-хлорвинил)арсин.

В нервно-паралитических отравляющих веществах по формуле (IV), к которым может

быть применен способ в соответствии с настоящим изобретением, Y представляет собой уходящую группу; это означает, что Y является атомной группировкой, стабильной как анион, причем наиболее предпочтительными уходящими группами являются такие, которые наиболее легко смещаются из углерода в нуклеофильных замещениях и, как анионы, имеют наибольшую стабильность. Несмотря на то, что большинство таких уходящих групп хорошо известно, преимущественно уходящую группу Y выбирают из галогена, нитрила (-CN) и сульфида (-S-), так как такие группы присутствуют в наиболее распространенных в мире видах нервно-паралитических отравляющих веществ. Среди галогенов наиболее предпочтительным Y является фтор, хлор или бром, причем фтор является наиболее эффективным для большинства распространенных нервно-паралитических отравляющих веществ.

В формуле (IV) R₁ представляет собой алкил, преимущественно низший алкил, то есть C₁-C₆, с прямой или разветвленной цепочкой, или циклический алкил, например метил, этил, пропил, изопропил, изобутил, трет-бутил, циклогексил или триметилпропил. В наиболее распространенных нервно-паралитических отравляющих веществах R₁ преимущественно представляет собой метил, этил или 1,2,3-триметилпропил.

В формуле (IV) R₂ представляет собой алкил- или аминогруппу. В том случае, когда R₂ представляет собой алкил, то это может быть такой же алкил, как и в указанном выше случае для R₁. В наиболее распространенных нервно-паралитических отравляющих веществах R₂ преимущественно представляет собой метил. В том случае, когда R₂ представляет собой амино-, то это может быть первичный, вторичный или третичный алкиламино-, или же диалкиламино- или триалкиламино-, причем алкилом может быть такой же алкил, как и в указанном выше случае для R₁, при этом диалкиламино является предпочтительным, а в наиболее распространенных нервно-паралитических отравляющих веществах наиболее предпочтительным R₂ является диметиламино.

Среди широко распространенных и поэтому наиболее важных нервно-паралитических отравляющих веществ, к которым может быть применен способ в соответствии с настоящим изобретением, можно указать следующие: "Табун" или "GA" или диметилфосфорамидоцианистую кислоту или этил N, N-диметил фосфорамидоцианидад; "Зарин" или "GB" или 1-метил этил эфир метилфосфонофтористой кислоты или изопропил метил фосфонофторидат; "Зоман" или "GD" или 1,2,2-триметилпропил эфир метилфосфонофтористой кислоты или пинаколил метил фосфонофторидат; и "VX" или S-{2-бис[1-метил этил]амино}этил эфир метилфосфонотиоической кислоты или этил S-2-диизопропил аминоэтил метилфосфонотиоат.

Вне зависимости от того, проводится ли разрушение ЭМ или комбинации ЭМ/БОВ в

исходном собственном контейнере или в реакторной системе с использованием объемной загрузки подлежащего разрушению материала, процесс может включать в себя опционно, но зачастую предпочтительно, некоторые операции, проводимые после первоначальной деструкции ЭМ. В том числе после воздействия сольватированных электронов остаточный продукт предпочтительно подвергают окислению, преимущественно при помощи нетермических средств, за счет ввода продуктов деструкции ЭМ/БОВ в реакцию с химическим окислителем. Однако преимущественно до ввода окислителя удаляют остаточное азотистое основание, например удаляют аммиак из реактора путем рассеивания остающихся его паров. Среди представительных окислителей и смесей окислителей, которые могут быть использованы в данном случае, можно указать пероксид водорода, озон, дихроматы и перманганаты щелочных металлов и пр. Для оптимального осуществления этой дополнительной операции следует ввести в реакторную систему или в исходный контейнер, в котором содержится остаток продукта, достаточное количество соответствующего окислителя для полного завершения реакции с любыми остаточными органическими продуктами, сохранившимися от первоначальной реакции с сольватированными электронами или азотистым основанием. Задачей такой операции окисления является доведение любых остаточных органических составляющих до их наивысшего состояния окисления, и если это разумно достижимо, до их перевода в диоксид углерода и воду.

Следовательно, в том случае, когда применяют окисление после деструкции, то первоначально ЭМ или комбинацию ЭМ/БОВ вводят в реакцию с сольватированными электронами, а затем проводят операцию вторичной обработки, которая предусматривает ввод остатков в реакцию с окислителем.

В том случае, когда способ в соответствии с настоящим изобретением применяют для санации почв, загрязненных одним или несколькими ЭМ или же одним или несколькими ЭМ в комбинации с одним или несколькими БОВ, то можно применить два подхода. Сама загрязненная почва может быть обработана по способу в соответствии с настоящим изобретением или же, альтернативно, загрязнитель (загрязнители) может быть сконцентрирован в определенной фракции загрязненной почвы, например в ее пылевидной части, после чего может быть проведена обработка этой фракции. Такие возможности описаны, например, в патентах США 511064; 5495062; 5516968 и 5613238. Так как при повышении концентрации ЭМ повышается опасность взрыва, то преимущественно повышение концентрации загрязнителей проводят после применения способа в соответствии с настоящим изобретением для санации почвы, содержащей ЭМ.

Способ в соответствии с настоящим изобретением применим для разрушения конкретных представительных ЭМ, которые включают в себя нитроцеллюлозу, типичный алифатический нитрат эфир; RDX или

циклотриметилентринитрамин, взрывчатое вещество типа нитрамина; ТНТ, нитроароматическое соединение; и "Композицию В", бинарную смесь RDX и ТНТ, содержащую следующие добавки:

Таблица 2

Композиция В
Компонент - вес.%
RDX - 59,2
ТНТ - 39,3
Воск - 1,0
Силикат кальция - 0,5
Вода - Следы

Способ в соответствии с настоящим изобретением применим также для деструкции ракетного топлива, применяемого в ракете типа М-28, имеющего следующий состав:

Таблица 3

Ракетное топливо М-28
Компонент - вес.%
Нитроцеллюлоза - 60,0
Нитроглицерин - 23,8
Триацетин - 9,9
Диметилфталат - 2,6
Стеарат свинца - 2,0
2-нитродифениламин - 1,7

Если специально не указано иное, испытания проводились при атмосферном давлении с использованием безводного жидкого аммиака при его температуре орошения (около -33 °С). В качестве активного металла, если специально не указано иное, применяли натрий. Ряд реакций малого масштаба были проведены в колбах Эрленмейера емкостью 1 литр, оборудованных магнитными мешалками. Реакции большого масштаба были проведены в цилиндрическом реакторе из пирекса диаметром около 25 см и высотой около 45 см. В нем была установлена механическая мешалка со стеклянными лопатками с двумя лопастями. Как правило, использовали одну и ту же приведенную ниже методику как для экспериментов малого, так и большого масштаба, если специально не указано иное.

Прежде всего желательное количество безводного жидкого аммиака вводили из цилиндра хранения в реакционный сосуд, причем испаряющийся аммиак в ходе эксперимента периодически пополняли. После этого взвешивали начальную порцию подлежащего реакции ЭМ и вводили его в колбу. Затем титровали аммиачный раствор при помощи натрия, для чего взвешивали начальную небольшую порцию (обычно около 0,2 г) натрия и добавляли ее в реакционную смесь. Добавка натрия обычно ведет к созданию темно-синих завихрений потока, характерных для сольватированных электронов, при перемешивании смеси. При исчезновении характерной окраски добавляли порцию натрия, пока раствор вновь не становился темно-синим. После этого вводили дополнительную порцию подлежащего реакции ЭМ и эти операции продолжали до тех пор, пока не будет введено необходимое количество ЭМ. После этого постепенно добавляли натрий до тех пор, пока синий цвет не будет сохраняться в течение 5 минут, после чего реакцию считают завершённой. При отсутствии добавки реагента с течением времени синий цвет постепенно исчезает, может быть в результате побочных реакций натрия,

поэтому на практике достаточно иметь 5 минут удержания цвета.

По завершении реакции в реакционную смесь добавляют изопропанол для разрушения не вступившего в реакцию натрия, и дают возможность испариться аммиаку. В ряде случаев остаточный продукт реакции подвергают различным анализам и испытаниям.

Реагентные ЭМ и их продукты распада были проанализированы с использованием Методики 8 330 Агентства по защите окружающей среды США "Нитроароматические вещества и нитроамины (артиллерийские системы). Анализ при помощи высокоэффективной жидкостной хроматографии (ВЭЖХ)". Эта методика предназначена для анализа остатков взрывчатых веществ (в частях на миллиард) в воде, почве и осадочных матрицах. В способе используют обратную фазовую высокоэффективную жидкостную хроматографию (ВЭЖХ) с решеткой ультрафиолетовых фотодиодов. Для приготовления проб для проведения испытания по методике 8 330 использовали около 0,2 г подлежащего анализу материала и 10 мл ацетонитрила, которые совместно взбалтывали встряхиванием в закрытой пробкой ампуле на 50 мл в течение 2 часов. После этого содержимое ампулы фильтровали; фильтрат доводили до 15 мл ацетонитрилом, переливали в чистую сцинтилляционную ампулу и подвергали испытаниям по методике 8 330. В Таблицах 4, 5 и 6 приведены представляющие интерес химические соединения, которые были определены по методике 8 330, а также их измеренные пределы обнаружения.

Таблица 4

Нитроароматические соединения, определенные с использованием ВЭЖХ
Соединение - Предел обнаружения, мкг/г
1,3,5-Тринитробензол (ТНТ) - 0,75
1,3-Динитробензол - 0,30
Нитробензол - 0,30
2,4,6-Тринитротолуол - 0,30
4-Амино-2,6-динитротолуол - 0,15
2-Амино-4,6-динитротолуол - 0,15
2,4-Динитротолуол - 0,53
2,6-Динитротолуол - 0,08
2-Нитротолуол - 0,30
3-Нитротолуол - 0,23
4-Нитротолуол - 0,30

Таблица 5

Нитрамины, определенные с использованием ВЭЖХ
Соединение - Предел обнаружения, мкг/г
Циклотетрамелентетранитрамин ("НМХ") - 0,60
Циклотриметилентринитрамин ("RDX") - 0,83

2,4,6-тринитрофенилметилнитрамин - 0,60 ("Tetryl")

Таблица 6

Алифатические нитратэфиры, определенные с использованием ВЭЖХ
Соединение - Предел обнаружения, мкг/г
Тринитроглицерин - 0,98
Этиленгликольдинитрат - 1,35
Диэтиленгликольдинитрат - 0,53
Триэтиленгликольдинитрат - 0,30
Пентаэритритол тетранитрат - 0,68
1,2,4-Бутантриол тринитрат - 0,68
1,1,1-Триметилолетан тринитрат - 0,68

Содержащие азот ЭМ, в том числе нитроцеллюлозу и продукты ее распада, анализировали на наличие нитрита и нитрата при помощи электрофореза капиллярной зоны ("CZE", ЭКЗ) с использованием системы для капиллярного электрофореза типа Хьюлетт-Пакард 3D. Прибор калибровали при помощи нитрита натрия и нитрата магния в диапазоне от 1 мкг/г до 100 мкг/г.

В случае свободного нитрита/нитрата ориентировочно 0,2 г испытуемой пробы и 10 мл воды помещали в закрытую пробкой ампулу на 50 мл и взбалтывали встряхиванием в течение 2 часов. После этого содержимое ампулы фильтровали и фильтрат доводили до 15 мл водой, затем переливали в чистую сцинтилляционную ампулу и анализировали на наличие нитрита/нитрата по методике ЭКЗ. В случае нитроцеллюлозы и продуктов ее распада ориентировочно 0,2 г испытуемой пробы и 10 мл ацетона помещали в закрытую пробкой ампулу на 50 мл и взбалтывали встряхиванием в течение 2 часов. Затем испытуемую пробу сушили азотом при комнатной температуре, а остаток комбинировали с 10 мл воды в закрытой пробкой ампуле на 50 мл и взбалтывали в течение 10 мин. После этого водный раствор пробы фильтровали, а пустую ампулу промывали 10 мл воды и затем 20 мл метанола. Фильтрат с остатком пробы переливали в химический стакан на 250 мл, добавляли 10 мл ацетона и в химическом стакане создавали завихрения ориентировочно в течение 10 мин. Всплывший ацетон переливали в чистую ампулу и комбинировали с 5 мл ацетона, использованного для промывки химического стакана. Содержимое ампулы затем сушили потоком азота при комнатной температуре, после чего в ампулу добавляли 5 мл 1 N NaOH. После укупорки ампулу помещали на 100°C масляную баню на 30 минут, причем каждые 10 минут в содержимом создавали завихрения. После охлаждения при комнатной температуре в ампулу добавляли 10 мл воды. Полученный водный раствор анализировали на наличие нитрита/нитрата при помощи ЭКЗ.

ЭМ и их продукты распада были также проанализированы с использованием ЯМР и инфракрасной спектроскопии. Для получения ЯМР спектров использовали ЯМР спектрометр "Вариан" типа VXR-300, работающий на частоте 300 МГц для ^1H и на частоте 75,4 МГц для ^{13}C , а для инфракрасной спектроскопии использовали инфракрасный спектроскоп с Фурье преобразованием (FT-IR) типа Digilab FTS-15E, объединенный с рабочей станцией Bio-Rad FT-IR. Пробы для получения ИК-спектров приготавливали либо отливкой пленок из ацетона или метилэтилкетона, либо делали солевой диск и использовали способ определения диффузной отражательной способности. Спектры остатка при проведении идентификации сравнивали с компонентами базовой линии и с эталонными спектрами.

Как правило, несмотря на то, что легко провести текущий контроль исходных материалов с использованием указанных методов анализа, в результате деструкции ЭМ по способу в соответствии с настоящим изобретением получают в большинстве

случаев неподатливые масла или вязкие смолы, анализ которых для органических порций реагентов дает неудовлетворительные результаты. Это, вероятно, может быть объяснено образованием в ходе реакций полимерных материалов.

В некоторых случаях продукты реакции, полученные при применении способа в соответствии с настоящим изобретением для различных ЭМ, подвергают определенным испытаниям, направленным на определение чувствительности продуктов реакции к стимулам, создающим тенденцию взрыва. Такие испытания включают в себя определение чувствительности к удару, трению скольжения, электростатическому разряду, определение термостабильности и определение чувствительности к прокаливанию малого масштаба. Для проведения четырех из таких испытаний, а именно для определения чувствительности к удару, чувствительности к трению скольжения, чувствительности к электростатическому разряду и для определения термостабильности, была использована аппаратура типа 78 228-0 510, разработанная Юго-западным НИИ (6 220 Culebra Road, San Antonio, Texas USA).

Для испытаний на прокалывание малого масштаба ориентировочно 125 г испытуемого вещества помещали в 20 мл пластмассовый химический стакан или в другую подходящую емкость. После этого загруженный контейнер помещали на слой смоченных керосином древесных опилок. При помощи дистанционно управляемого устройства зажигания древесные опилки поджигали и следили за наличием детонации или взрыва испытуемого вещества. Отсутствие детонации или взрыва при трехкратном повторении испытания считали доказательством того, что мала вероятность детонации или взрыва испытуемого вещества при прокаливании.

Пример 1

Деструкция нитроцеллюлозы

Прогон А:

В колбе комбинировали нитроцеллюлозу (0,25 г) и жидкий аммиак (20-30 мл) и порциями при перемешивании добавляли натрий (0,25 г). После завершения реакции был добавлен изопропанол для тушения не вступившего в реакцию натрия и проведено испарение аммиака и спирта, что дает в виде остатка желтое твердое вещество.

Прогон В:

В колбе комбинировали нитроцеллюлозу (1,0 г) и жидкий аммиак (300 мл), реакция не шла. Затем порциями при перемешивании добавляли натрий (1,0 г), наблюдалась реакция. После завершения реакции был добавлен изопропанол для тушения не вступившего в реакцию натрия и проведено испарение аммиака и спирта, что дает рыжеватое-коричневое твердое вещество, которое очень хорошо растворяется в воде и метаноле, но не растворяется в ацетоне, метилэтилкетоне, хлороформе, гексане или тетрагидрофуране. В отличие от указанного остатка реагент нитроцеллюлоза растворяется в ацетоне и метилэтилкетоне. Анализ твердого вещества, проведенный при помощи ИК- и ЯМР-спектроскопии, показывает наличие нитритов и нитратов, но не органических продуктов.

Прогон С:

В колбу емкостью 1 литр помещали жидкий аммиак (325 мл). При перемешивании аммиака вводили порциями по очереди нитроцеллюлозу (1,01 г) и натрий (1,592 г). В ходе реакции раствор становится вязким и появляются пузырьки. После добавления всего натрия темно-синий цвет раствора сохраняется > 5 минут, что говорит об окончании реакции. После испарения аммиака был получен остаток весом 3,157 г, который растворяется в воде, но не растворяется в ацетоне. Нитроцеллюлоза, которая представляет собой исходный материал, растворима в ацетоне. Усложненные спектры продукта реакции, возможно вызванные образованием полимерных продуктов, не позволяют произвести его идентификацию. Уровни нитрита и нитрата в остатке составляли соответственно 1088 мкг/г и 142 мкг/г.

Пример 2

Деструкция ТНТ

ТНТ в виде гранул получали на фирме Accurate Arms Company, McEwen, Texas USA.

Прогон А:

В колбе комбинировали ТНТ с жидким аммиаком, при этом наблюдалась темно-красная окраска раствора. Порциями, равными по весу ТНТ, при перемешивании добавляли натрий, что приводит к ослаблению красной окраски и появлению синего цвета сольватированных электронов. Когда после каждой добавки натрия синий цвет исчезает, то сначала появляется зеленый цвет, а затем коричнево-кофейный цвет. После завершения реакции был добавлен изопропанол для тушения всего не вступившего в реакцию натрия и проведено испарение аммиака и спирта, что дает аморфное темное твердое вещество. Анализ твердого вещества, проведенный при помощи ИК- и ЯМР- (^1H) спектроскопии, при сравнении с истинными спектрами ТНТ показывает отсутствие ТНТ.

Прогон В:

В колбу емкостью 1 литр помещали жидкий аммиак (900 мл). При перемешивании аммиака вводили порциями по очереди ТНТ (1,002 г) и натрий (1,057 г). Сразу после ввода ТНТ цвет раствора становился клюквенным темно-красным. При добавлении натрия цвет раствора менялся от красного на зеленовато-коричневый и затем оливково-зеленый, а после последней добавки натрия синий цвет сохранялся в течение > 5 минут. После испарения аммиака получали остаток весом 2,705 г в виде коричневой, ржавого цвета пасты, в которой при помощи ВЭЖХ не было обнаружено остаточного ТНТ. Уровни нитрита и нитрата в остатке составляли соответственно 18 мкг/г и 98 мкг/г. ЯМР-спектр остатка показывает отсутствие в нем ТНТ; не были идентифицированы никакие специфические продукты распада, которые говорили бы о наличии смеси продуктов. Результаты испытания на чувствительность к удару были отрицательные до предела испытаний 132 Дж (97 фут-фунтов). В отличие от этого при аналогичном испытании ТНТ становится чувствительным к удару при 44 Дж (32 фут-фунтов).

Прогон С:

Был повторен прогон В, за исключением

замены натрия на 0,33 г лития. Были получены результаты, главным образом аналогичные прогону В.

Прогон D:

Был повторен прогон В, за исключением замены жидкого аммиака этиламиноом и снижения количества ТНТ и натрия ориентировочно до 0,5 г для каждого из них. Были получены результаты, главным образом аналогичные прогону В.

Прогон E:

Был повторен прогон В, за исключением замены натрия на 1,8 г кальция. Были получены результаты, главным образом аналогичные прогону В.

Пример 3

Деструкция RDX

RDX в виде гранул получали на фирме Accurate Arms Company, McEwen, Texas USA.

Прогон А:

В колбе комбинировали RDX с жидким аммиаком, при этом наблюдалась желтая окраска реакционной смеси. Порциями, равными по весу RDX, при перемешивании добавляли натрий, что приводит к замене желтой окраски на синюю, характерную для сольватированных электронов. После завершения реакции был добавлен изопропанол для тушения всего не вступившего в реакцию натрия и проведено испарение аммиака и спирта, что дает рыжевато-коричневое твердое вещество. Анализ твердого вещества, проведенный при помощи ИК- и ЯМР- (^1H) спектроскопии, при сравнении с истинными спектрами RDX показывает отсутствие RDX.

Прогон В:

В колбу емкостью 1 литр помещали жидкий аммиак (600 мл). При перемешивании аммиака вводили порциями по очереди RDX (1,087 г) и натрий (1,347 г). Сразу после первой добавки к RDX натрия в аммиаке цвет раствора становился желтым с небольшими темно-синими капельками. Этот цвет менялся на устойчивый темно-синий при продолжении и завершении добавок. После испарения аммиака получали продукт реакции весом 2,696 г в виде не совсем белого хлопьевидного материала. В остатке не смогли обнаружить RDX. Уровни нитрита и нитрата в остатке составляли соответственно 119 мкг/г и 30 мкг/г. Остаток не обладает чувствительностью к удару до предела испытаний 132 Дж (97 фут-фунтов). В отличие от этого при аналогичном испытании RDX становится чувствительным к удару при 15 Дж (11 фут-фунтов).

Прогон С:

В колбе при перемешивании к жидкому аммиаку (100 мл) добавляли RDX (1 г). Добавку активного металла не производили. RDX не растворился по истечении 1 часа и 16 минут. После удаления аммиака получили остаток весом 0,941 г, который не растворяется в воде, но растворим в ацетоне. ЯМР-спектр остатка показывает наличие только RDX.

Прогон D:

В три отдельные колбы с перемешанным жидким аммиаком (100 мл в каждой колбе) добавляли RDX (1,00 г в каждую колбу). В первую колбу добавляли 0,100 г натрия, во вторую колбу добавляли 0,260 г натрия, а в третью колбу добавляли 0,504 г натрия. Цвета растворов были соответственно матовый,

ярко-желтый и оливково-зеленый. После испарения аммиака получили остатки весом 0,977 г, 0,974 г и 1,513 г соответственно. Анализ остатков показывает наличие не вступившего в реакцию RDX при уровнях 383,000 мкг/г, 2,230 мкг/г и 20,6 мкг/г соответственно, что приводит к заключению о том, что для разрушения RDX требуется по весу, по меньшей мере, в 2 раза меньше натрия, чем RDX.

Прогон Е:

Был повторен прогон В, за исключением замены жидкого аммиака этилендиамином (900 мл). Были получены результаты, главным образом аналогичные прогону В.

Пример 4

Деструкция Композиции В

Композицию В получали на фирме Accurate Arms Company, McEwen, Texas USA в виде хрупких листов толщиной около 0,5 см. Перед применением листы разламывали на небольшие кусочки размером не более 1 см.

Прогон А:

В колбе емкостью 1 литр при перемешивании к жидкому аммиаку (650 мл) добавляли порциями по очереди Композицию В (1,032 г) и натрий (1,153 г). При проведении добавок реагентов ЭМ и натрия раствор становился коричневым и окончательно темно-синим после последней добавки натрия. После удаления аммиака получили остаток весом 1,700 г в виде коричневой вязкой пасты. Анализ остатка при помощи ЯМР-спектроскопии не позволяет обнаружить содержание RDX или TNT. Содержания нитрита и нитрата составляют 33 мкг/г и 2 мкг/г соответственно. Остаток не обладает чувствительностью к удару до предела испытаний 132 Дж (97 фут-фунтов). В отличие от этого при аналогичном испытании Композиция В становится чувствительной к удару при 20 Дж (15 фут-фунтов). При испытании на стабильность к электростатическому разряду остаток имел минимальную энергию воспламенения 185 мДж, в то время как энергия воспламенения для Композиции В составляет 100 мДж. При испытании на термостабильность остаток не проявлял нестабильности. При испытании на трение скольжения в Композиции В начиналась реакция, а в остатке нет. При испытании на прокалывание малого масштаба с использованием 125 г остатка происходило полное сгорание остатка без взрыва или детонации.

Прогон В:

Был повторен прогон А с использованием 950 мл жидкого аммиака, 4,287 г Композиции В и 4,246 г натрия, что позволило получить 8,509 г остатка, анализ которого дает результаты, аналогичные результатам для прогона А.

Прогон С:

В цилиндрический реактор из пирекса, содержащий жидкий аммиак (1,5 литра), при перемешивании поочередно с двумя приращениями (инкрементами) вводили Композицию В (всего 20,09 г) и металлический натрий (всего 20,20 г). Производили обработку первого инкремента (добавки) Композиции В небольшими порциями натрия до достижения конечной точки, после чего вводили второй инкремент Композиции В и вновь обрабатывали раствор натрием до достижения конечной точки. Раствор

Композиции В первоначально имел хлопьевидный темно-коричневый цвет, что делает затруднительным наблюдение классической синей окраски, характерной для сольватированных электронов. Цвет раствора становился шоколадно-коричневым при добавке натрия, а ближе к концу каждой инкрементальной добавки наблюдались небольшие плавающие черные хлопья. При вводе натрия по одному кусочку каждый его кусочек погружался кончиком длинной стеклянной палочки вблизи от внутренней поверхности реактора. В конечном счете из натрия выходили черные похожие на масло (маслянистые) завихрения, всплывавшие на поверхность. Наличие такого черного похожего на масло вещества, плавающего на поверхности, считали свидетельством достижения конечной точки и завершения реакции. Были выбраны следующие инкременты добавок Композиции В и натрия для достижения полной реакции:

Таблица 7

Инкремент Композиции В, г - Инкремент натрия, г

9,948 - 9,959
10,138 - 10,239

После испарения аммиака был получен толстый слой темно-коричневого вязкого остатка весом 61,3 г, имеющего сильный запах амина.

Прогон D:

При перемешивании жидкого аммиака (6 литров) в цилиндрический реактор из пирекса поочередно с восемью инкрементами (приращениями) добавляли Композицию В (всего 81,9 г) и металлический натрий (всего 63,7 г). Была проведена реакция каждого инкремента Композиции В с инкрементом натрия до конечной точки, как это описано в Прогоне С. Были получены следующие результаты:

Таблица 8

Инкремент Композиции В, г - Инкремент натрия, г

10,510 - 10,852
10,230 - 9,369 -
10,254 - 10,032
10,403 - 9,484
9,992 - 9,721
10,202 - 5,643
10,312 - 4,880
9,971 - 3,745

До последних трех добавок было относительно постоянное отношение веса натрия к весу Композиции В, необходимое для достижения конечной точки. Линейная регрессия данных для первых пяти инкрементов дает отношение по весу натрия к весу Композиции В, равное 0,95. После испарения аммиака получили остаток весом 310 г, что превышает суммарный вес Композиции В и натрия, что возможно объясняется абсорбцией остаточного аммиака, влаги или диоксида углерода.

Прогон Е:

Был повторен Прогон D для шести инкрементальных добавок Композиции В и достаточного количества натрия для достижения конечной точки. Были получены следующие результаты:

Таблица 9

Инкремент Композиции В, г - Инкремент натрия, г

10,330 - 9,923

10,211 - 9,561
 10,551 - 10,219
 10,219 - 11,306
 9,939 - 10,051
 9,811 - 6,411

Для пяти инкрементальных добавок весовое отношение было главным образом постоянно, но шестая добавка несколько выпадает. Линейный регрессивный анализ первых пяти инкрементов снова дает величину 0,95 как отношение веса натрия к весу Композиции В, необходимое для достижения конечной точки. После шести инкрементальных добавок вводили изопропанол (20 мл) для удаления возможного не вступившего в реакцию натрия, после чего проводили испарение аммиака и спирта потоком аргона, чтобы избежать захвата влаги. Для улучшения испарения дно реактора нагревали при помощи нагревательной ленты, однако температура стеклянного реактора под лентой не превышала 20°C. По истечении ориентировочно 2 часов в остатке уже не наблюдались пузырьки, после чего реактор закрывали пластиком и на 14 часов через остаток направляли поток аргона. Затем из реактора под аргоном извлекали вязкий жидкий остаток, вес которого составил 165 г. Остаток полностью растворим в воде. Анализ остатка при помощи ВЭЖХ показывает отсутствие любого из соединений, указанных в Таблицах 4 и 5. Нашли, что уровни нитрита и нитрата в остатке составляют 5,147 мкг/г и 249 мкг/г соответственно. Снятые в D₂O ЯМР-спектры остатка показывают отсутствие ЭМ в любой высушенной воздухом или нагретой пробе остатка.

Пример 5

Деструкция ракетного топлива М-28

Ракетное топливо М-28 получали на фирме Geomet Technologies, Inc. of Gaithersburg, Maryland USA в виде зерен, дроблением которых получали небольшие кусочки и хлопья. В Прогоне А было замечено (см. ниже), что М-28 плохо растворяется в жидком аммиаке, так что в последующих прогонах полученные зерна М-28 измельчали опилкой до размера опилок. Полученные оранжевые опилки имели волокнистую структуру.

Прогон А:

В колбе емкостью 1 литр при перемешивании к жидкому аммиаку (400 мл) добавляли порциями по очереди М-28 (1,006 г в виде небольших кусочков и хлопьев, полученных дроблением полученных зерен) и натрий (1,137 г). Частицы М-28 имели размер менее 1 см, однако они очень медленно растворялись в аммиаке. По истечении 2 часов и 15 минут была закончена добавка всего натрия. Полученный после испарения аммиака остаток (3,950 г) представлял собой смесь мягкой липкой пасты и небольших твердых кусков. Паста легко растворяется в воде, но твердые куски, которые вероятно представляет собой не вступивший в реакцию М-28, в воде не растворяются.

Прогон В:

В большой цилиндрический реактор из пирекса, снабженный мешалкой, вводили жидкий аммиак (6 литров), после чего производили инкрементальную добавку по очереди опилок оранжевого ракетного топлива М-28 (97,88 г) и металлического

натрия (97,86 г). М-28 вводили с инкрементами (приращениями) около 10 г каждый. Натрий разрезали на небольшие кусочки и добавляли ориентировочно по 2 г в таком виде до тех пор, пока не появится главным образом синяя окраска, характерная для сольватированных электронов. Не пытались поддерживать синюю окраску при помощи натрия после каждой добавки М-28, а добавляли М-28 и металлический натрий относительно равными количествами в ходе прогона, пока не будет наблюдаться темно-синяя окраска. Десять инкрементальных приращений указаны в следующей Таблице.

Таблица 10

Инкремент М-28, г	Инкремент натрия, г
9,922	11,215
9,706	6,627
9,848	6,844
9,929	4,745
9,747	6,113
9,785	6,734
9,778	4,364
9,610	10,571
9,685	5,514
9,867	17,290

Качественно, после добавки М-28 в жидкий аммиак цвет аммиачного раствора становится желто-оранжевым, что свидетельствует, по меньшей мере, о некотором растворении мелко измельченного М-28. При вводе натрия цвет раствора становится пурпурным, а затем постепенно желтым и наконец синим. С течением времени синий цвет переходит в зеленый и назад в желтый, что говорит о том, что М-28 продолжает медленно растворяться. По завершении прогона раствор становится достаточно вязким. После этого дали возможность испариться аммиаку из реактора, который был закрыт пластиковой пленкой. Для исключения окружающего воздуха в реактор вводили поток гелия. По истечении 17 часов в реакторе получили остаток в виде сухой грязи с сильным аминным запахом. Поток гелия не прекращали еще одну ночь. На следующее утро обнаружили, что пластиковая пленка повредилась, а остаток М-28 превратился в сухой черный углеродистый материал с запахом сажи. Можно предположить, что имеется избыток натрия, так как по оплошности забыли ввести изопропанол для тушения не вступившего в реакцию натрия, который вступил в реакцию с водой, сконденсировавшейся в холодом реакторе.

Прогон С:

Повторили прогон В, за исключением того, что ограничили полное количество М-28 ориентировочно 50 г в 5 инкрементах следующим образом:

Таблица 11

Инкремент М-28, г	Инкремент натрия, г
9,927	10,955
9,894	5,953
9,930	5,616
9,846	5,992
9,521	6,302

После завершения реакции дали возможность аммиаку испариться под потоком аргона, а затем добавили около 20 мл изопропанола для тушения не вступившего в реакцию натрия. Нагревали дно реактора при помощи нагревательной ленты, но по

показаниям термпары следили, чтобы температура между лентой и реактором не превышала 20°C. По истечении ориентировочно 2 часов аммиак почти полностью испаряется, о чем говорит отсутствие пузырьков в вязком остаточном материале. Реактор закрывали пластиковой пленкой и пропускали поток аргона над поверхностью остатка в течение 14 часов, после чего остаток выскребали из реактора резиновым шпателем и вводили под аргоном в тарированный химический стакан. Остаток весил 165 г, что существенно больше суммы весов реагентов М-28 и натрия. Анализ остатка при помощи ВЭЖХ не позволяет обнаружить ни один из компонентов, указанных в Таблицах 4 и 6. Уровни нитрита и нитрата были 9092 мкг/г и 5895 мкг/г соответственно. Количество нитроцеллюлозы в остатке составляло <100 мкг/г. Снятые в D₂O ЯМР (¹H) спектры остатка показывают отсутствие как исходного материала, так и других опознаваемых продуктов; аналогично, инфракрасные спектры не дают окончательной идентификации. Результаты испытания остатка на чувствительность к удару были отрицательные до предела испытаний 132 Дж (97 фут-фунтов). В отличие от этого при аналогичном испытании М-28 становится чувствительным к удару при 18 Дж (13 фут-фунтов). Не обнаружили признака реакции при испытании остатка на термостабильность. Испытание на трение скольжения показало, что исходный материал М-28 вступает в реакцию, а остаток М-28 в реакцию не вступает. Неожиданно нашли, что при испытании на электростатическое воспламенение минимальная энергия возгорания остатка составила 10 мДж, в то время как минимальная энергия воспламенения исходного материала М-28 при аналогичном испытании была 175 мДж; причины этого остались не выясненными. При испытании на прокалывание малого масштаба остаток М-28 сгорает без взрыва и детонации.

Прогон D:

Повторили прогон С со следующими инкрементами:

Таблица 12

Инкремент М-28, г - Инкремент натрия, г
 10,003 - 6,226
 10,020 - 6,231
 9,911 - 5,539
 9,894 - 4,819
 9,351 - 5,474

Прогон E:

Повторили прогон С со следующими инкрементами:

Таблица 13

Инкремент М-28, г - Инкремент натрия, г
 9,398 - 6,187
 9,305 - 3,386
 7,773 - 4,355
 9,316 - 5,623
 9,237 - 4,852

Пример 6

Обработка почвы, загрязненной ТНТ

Загрязненную (зараженную) ТНТ почву приготовили добавкой в химический стакан емкостью 500 мл образца почвы (125 г), а именно суглинка штата Огайо, который при анализе дает 35% песка, 32% ила и 33% глины по весу и имеет рН 7,7. Был приготовлен раствор ТНТ (1,0 г) в ацетоне (около 100 мл) и введен в химический стакан.

Содержимое стакана интенсивно перемешали и вылили в широкую чашку кристаллизатора, где при комнатной температуре в течение ночи происходило его высушивание, после чего оставшийся в чашке остаток загрязненной почвы размалывали и механически перемешивали шпателем, доводя его до гомогенного состояния. Представительную пробу 10 г загрязненной почвы экстрагировали при помощи ацетона (около 100 мл) и проводили испарение ацетона из экстракта в вакууме, после чего получили остаток (80 мг, температура плавления 75-80 °C). ИК- и ЯМР-спектры показывают наличие в остатке ТНТ. Из второй пробы 10 г загрязненной почвы в химическом стакане была приготовлена суспензия при помощи раствора 200 мл жидкого аммиака синего цвета, к которому добавляли металлический натрий (3 г). После испарения аммиака аналогично предыдущему случаю экстрагировали остаток при помощи ацетона (около 100 мл) и проводили испарение ацетона из экстракта в вакууме, после чего получили остаток (90 мг, масло). ИК- и ЯМР-спектры не показывают наличие в масляном остатке ТНТ.

Пример 7

Деструкция смеси Композиции В и Зарина

Этот эксперимент проводили в вытяжном шкафу в реакционном сосуде объемом около 2 литров из нержавеющей стали, в котором может быть повышено давление, оборудованном внешним охлаждением. В сосуде имеется механическая мешалка, смотровое окно со съемной крышкой, канал ввода термометра; впуск, подключенный к насосу высокоэффективного жидкостного хроматографа, который был использован для ввода Зарина из внешнего резервуара; и канал в головке сосуда для манометра. В реакционном сосуде имеется также канал, через который в него накачивают азотистое основание, и дренажное отверстие на дне сосуда для выпуска продукта.

В указанный реактор вводили безводный жидкий аммиак (1,6 литра) и устанавливали температуру содержимого реактора около -40 °C при помощи внешнего контура охлаждения. При перемешивании в реактор накачивали Зарин (10,5 г) и растворяли его в аммиаке, после чего добавляли небольшими кусочками Композицию В (1,0 г) через временно снятую крышку смотрового окна. Медленно небольшими кусочками добавляли через смотровое окно металлический натрий (всего 16,5 г), чтобы температура реакционной смеси не поднималась выше чем ориентировочно -20°C. Время от времени при вводе натрия в раствор наблюдали синюю окраску, характерную для сольватированных электронов, причем эта окраска становится устойчивой после полного ввода натрия.

После полного ввода натрия сливали содержимое из реактора через дренажное отверстие. После испарения аммиака в вытяжном шкафу получили твердый остаток. Проводили анализ остатка на остаточный Зарин при помощи теста ингибирования холинэстеразы и на остаточную Композицию В при помощи ЯМР- и ИК-спектроскопии. В остатке не обнаружили ни Зарина, ни Композиции В.

Пример 8

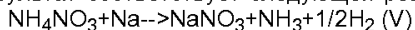
Деструкция азиды свинца

В колбу емкостью 1 литр вводили жидкий аммиак (800 мл). Поочередно порциями при перемешивании содержимого колбы добавляли азид свинца (всего 2,0 г) и металлический натрий (всего 0,86 г), после чего получили раствор синего цвета, содержащий мелкий твердый порошок. Перемешивание прекращали после осветления раствора и выпадения на дне колбы серого осадка. Всплывшую аммиачную жидкость декантировали и отделяли от серого осадка. Осадок обрабатывали изопропанолом (20 мл) и затем промывали несколько раз теплой водой, отделяя промывочную воду от твердого осадка декантацией. Твердое вещество вводили в тарированную чашку кристаллизатора и оставляли на ночь сушиться, после чего получили светло-серое твердое вещество (1,36 г). Это твердое вещество не растворяется в воде, ацетоне и бензоле, но растворяется в азотной кислоте. Указанное твердое вещество не обладает чувствительностью к удару до предела испытаний 132 Дж (97 фут-фунтов). По эмиссионному спектру твердое вещество было идентифицировано как свинец.

Пример 9

Деструкция нитрата аммония

В колбу емкостью 1 литр вводили безводный жидкий аммиак (750 мл), после чего вводили сразу весь нитрат аммония (10 г, 0,13 моля). В полученную смесь добавляли металлический натрий (всего 3,1 г, 0,14 моля) небольшими порциями, при каждом вводе натрия в раствор наблюдали синюю окраску, характерную для сольватированных электронов, причем эта окраска становится устойчивой после полного ввода натрия, что говорит о достижении конечной точки. При этом наблюдается стехиометрия 1:1, а результат соответствует следующей реакции:



Для деструкции ионно-связанной соли аммония требуется один моль активного металла на один моль реагента соли, а не два моля активного металла, которые необходимы для разрыва ковалентно-связанных соединений.

Пример 10

Деструкция тринитрата глицерина

В колбу емкостью 1 литр, в которой содержится безводный жидкий аммиак (650 мл), вводили при перемешивании тринитрат глицерина (1,5 г, 0,007 моля). В полученную смесь добавляли металлический натрий (всего 2,8 г, 0,12 моля) небольшими порциями, при каждом вводе натрия в раствор наблюдали синюю окраску, причем эта окраска остается устойчивой в течение 5 мин после полного ввода натрия. После испарения аммиака из колбы получили вязкий светло-серый остаток, который легко растворяется в воде. Анализ при помощи ВЭЖХ не позволяет обнаружить в остатке тринитрат глицерина.

Приведенные примеры служат иллюстрацией использования способа в соответствии с настоящим изобретением для индивидуальных партий ЭМ или ЭМ/БОВ. Процесс в соответствии с настоящим изобретением также может быть проведен непрерывно или периодически в реакторной системе, такой как описанная в заявке РСТ/US96/16303 от 10 октября 1996 г. Такая реакторная система может работать как

непрерывно, так и периодически. Указанная реакторная система схематично показана на чертеже.

Показанная на чертеже реакторная система 10 включает в себя ряд аппаратных компонентов, в том числе реакционный сосуд 20 с мешалкой 21, который по желанию может быть оборудован рубашкой нагревания/охлаждения и множеством различных датчиков температуры, давления и пр., и приспособлен для ввода в него раствора сольватированных электронов из сольвататора 30, а также ввода ЭМ или ЭМ/БОВ из резервуара хранения 40. Само собой разумеется, что если ЭМ или ЭМ/БОВ представляет собой твердое вещество, то насос 41 по желанию может быть заменен соответствующим загрузчиком твердого вещества, таким как шнековый экструдер. Реакторная система также включает в себя конденсатор 50, отстойник (устройство декантации) 60, блок растворения 70, аппарат для окисления 80, который является опциональным компонентом, а также модуль обработки отходящих газов 90, который также является опциональным компонентом. Реакторная система также снабжена вспомогательным оборудованием, которое необходимо для контроля температуры и давления в различных компонентах системы, необходимых для осуществления деструкции ЭМ или ЭМ/БОВ при желательных величинах этих параметров. В продаже имеется множество модификаций каждого из указанных аппаратных компонентов, что позволяет специалисту выбрать оптимальные компоненты, необходимые для выполнения конкретной работы.

Несмотря на то, что показанная на чертеже реакторная система специально предназначена для обработки сыпучих ЭМ или ЭМ/БОВ, которые подаются в реактор 20 из резервуара 40 хранения ЭМ или ЭМ/БОВ, совершенно очевидно, что по желанию размеры реактора 20 могут быть увеличены и может быть предусмотрен ввод в него исходных собственных контейнеров ЭМ или ЭМ/БОВ, причем в таком случае резервуар хранения 40 и связанные с ним линии и оборудование не нужны. Может быть желательно разделить пустых исходных контейнеров от потока продукта 26 ранее дальнейшей обработки потока продукта.

Периодическая работа реакторной системы 10 может быть осуществлена аналогично описанному в связи с Примерами 1-10. Однако реакторная система 10 может быть использована и для непрерывного осуществления способа в соответствии с настоящим изобретением.

Для непрерывной работы способ предусматривает наличие реакторной системы, которая включает в себя (1) реакционный сосуд для ввода ЭМ или ЭМ/БОВ из резервуара хранения, (2) сольвататор, содержащий азотистое основание для растворения активного металла с получением раствора сольватированных электронов, (3) конденсатор для обработки выходящего из реакционного сосуда газа, (4) отстойник для приема продуктов реакции из реакционного сосуда и разделения продуктов реакции на жидкую фракцию и твердую фракцию, и (5) блок растворения для ввода твердой фракции в контакт с водой для

получения жидкой смеси; при этом способ включает в себя следующие операции; непрерывная загрузка сольватора азотистым основанием и активным металлом; непрерывный ввод раствора сольватированных электронов в реакционный сосуд; непрерывный ввод ЭМ или ЭМ/БОВ в реакционный сосуд; опционное непрерывное восстановление азотистого основания из выходящего газа и ввод восстановленного азотистого основания в сольватор в качестве добавки или в реакционный сосуд для орошения; непрерывный ввод продуктов реакции в отстойник и непрерывное разделение продуктов реакции на жидкую фракцию и твердую фракцию; непрерывный ввод жидкой фракции в сольватор в качестве добавки; и непрерывный ввод твердой фракции в контакт с водой в блоке растворения, для получения жидкой смеси для опционной последующей обработки.

Пример 11

Непрерывная деструкция тринитрата глицерина

В сольватор 30 (чертеж) непрерывно подают безводный жидкий аммиак (поток 31) и гранулированный металлический натрий (поток 33), причем отношение по весу натрий/жидкий аммиак поддерживают ориентировочно на уровне 1 часть натрия на 250 частей жидкого аммиака. В резервуар хранения 40 непрерывно добавляют тринитрат глицерина и жидкий аммиак, при этом получают раствор, который содержит по весу около 1 части тринитрата глицерина на 500 частей жидкого аммиака. Содержимое из сольватора 30 непрерывно добавляют в реакционный сосуд 20 как поток 32, а содержимое из резервуара хранения 40 непрерывно накачивают в реакционный сосуд 20 как поток 42. Относительные расходы по весу потоков 32/42 поддерживают на уровне 1/1. Температуру смеси в реакционном сосуде 20 устанавливают таким образом, чтобы жидкий аммиак и любые конденсируемые газообразные продукты деструкции тринитрата глицерина поступали как поток 25 в конденсатор 50, в котором происходит конденсация любого конденсируемого газа, например аммиака, причем, по меньшей мере, одна порция этого конденсата опционно возвращается в реакционный сосуд 20 как поток орошения 52. Другая порция конденсата опционно выходит как поток 53, который возвращается, опционно с использованием насоса 51, в сольватор 30 как добавка азотистого основания.

Любой несконденсированный газ, выходящий из конденсатора 50, опционно обрабатывается в модуле обработки отходящих газов 90 с использованием, например, скрубберной технологии, для отделения любых безвредных газов, которые могут быть выпущены в атмосферу как поток 91, и направления любых токсичных газов или скрубберных растворов, в которых они содержатся, в блок растворения 70 в виде потока 97.

Тем временем содержащая продукт реакционная смесь непрерывно выводится из реакционного сосуда 20 и направляется как поток 26 в отстойник 60, где содержащая твердый продукт реакции реакционная смесь непрерывно подвергается декантации с получением жидкой фракции, богатой

азотистым основанием, которая подается как поток 63 в сольватор 30 в виде добавки азотистого основания, и с получением содержащей твердое вещество фракции, которая подается как поток 67 в блок растворения 70.

Поток воды 71 непрерывно поступает в блок растворения 70, где вода вступает в контакт с любыми растворимыми в воде компонентами твердой фракции и растворяет их. Полученный раствор может быть подвергнут дальнейшей очистке и, по желанию, направлен на продажу, или же может быть сброшен в отходы. Подаваемый в блок растворения материал, который не растворяется в воде, содержит главным образом побочные продукты, которые могут быть обработаны как отходы или направлены вновь в реакционный сосуд 20 для повторной обработки.

Опционно как растворимые, так и не растворимые в воде компоненты (или те и другие) из блока растворения 70 могут быть поданы как поток 78 в аппарат для окисления 80 для осуществления преимущественно химического окисления, причем выходной поток 81 в идеальном случае будет содержать только диоксид углерода, воду и неорганические соединения, которые могут быть сброшены в отходы, с предварительным восстановлением из них ценных материалов.

Несмотря на то, что были описаны на примерах конкретные варианты осуществления изобретения, совершенно ясно, что в него специалистами в данной области могут быть внесены изменения и дополнения, которые не выходят однако за рамки приведенной далее формулы изобретения.

Формула изобретения:

1. Способ разрушения энергетических материалов, отличающийся тем, что включает в себя создание реакционной смеси, содержащей, по меньшей мере, один энергетический материал и сольватированные электроны, образованные из активного металла, выбранного из группы, в которую входят натрий, калий, литий, кальций и их смеси, и ввод в реакцию указанной реакционной смеси.

2. Способ по п. 1, отличающийся тем, что указанную реакционную смесь создают комбинированием исходных материалов, которые включают в себя азотистое основание, по меньшей мере, один энергетический материал и активный металл в количестве, достаточном для разрушения энергетического материала.

3. Способ по п. 2, отличающийся тем, что активный металл добавляют до завершения реакции энергетического материала с сольватированными электронами.

4. Способ по п. 1, отличающийся тем, что энергетический материал находится в своем собственном исходном контейнере и реакционную смесь создают в этом контейнере.

5. Способ по п. 1, отличающийся тем, что энергетический материал присутствует как загрязнитель почвы.

6. Способ по п. 1, отличающийся тем, что энергетический материал выбран из группы, образованной взрывчатыми веществами, различными видами реактивного топлива и пиротехническими составами.

7. Способ по п. 1, отличающийся тем, что энергетический материал выбран из группы, в которую входят азид свинца, гремучая ртуть, 4,5-динитробензол-2-диазо-1-оксид, стифнат свинца, хинилдiazохинилтетрацен, калий динитробензофуросан, свинец мононитрорезорцинат, 1,2,4-бутантриол тринитрат, диэтиленгликоль динитрат, нитроцеллюлоза, нитроглицерин, нитрокрахмал, пентаэритритол тетранитрат, триэтиленгликоль динитрат, 1,1,1-триметилолетан тринитрат, цикло-тетраметилентетранитрамин, циклотриметилентринитрамин, этилендиамин динитрат, этилендинитрамин, нитрохинин, 2,4,6-тринитрофенилметилнитрамин, аммоний 2,4,6-тринитрофенолат, 1,3-диамино-2,4,6-тринитробензол, 2,2', 4,4', 6,6'-гексанитроазобензол, гексанитростилбен, 1,3,5-триамино-2,4,6-тринитробензол, 2,4,6-тринитротолуол, нитрат аммония и их смеси.

8. Способ по п. 2, отличающийся тем, что молярное количество активного металла, по меньшей мере, в 2 раза превышает молярное количество энергетического материала.

9. Способ по п. 2, отличающийся тем, что азотистое основание выбрано из группы, в которую входят аммиак, амины и их смеси.

10. Способ по п. 9, отличающийся тем, что амины выбраны из группы, в которую входят метиламин, этиламин, пропиламин, изопропиламин, бутиламин и этилендиамин.

11. Способ по п. 9, отличающийся тем, что азотистое основание представляет собой безводный жидкий аммиак.

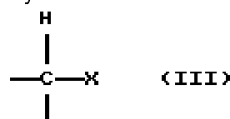
12. Способ по п. 1, отличающийся тем, что предусматривает (А) создание реакторной системы, которая включает в себя (1) реакционный сосуд для ввода энергетического материала; (2) сольватор, содержащий азотистое основание для растворения активного металла с образованием сольватированных электронов; (3) конденсатор для обработки выходящего из реакционного сосуда газа, (4) отстойник для приема продуктов реакции из реакционного сосуда и разделения продуктов реакции на жидкую фракцию и твердую фракцию; (5) блок растворения для ввода твердой фракции в контакт с водой для получения жидкой смеси; (В) непрерывную загрузку сольватора азотистым основанием и активным металлом; (С) непрерывный ввод энергетического материала в реакционный сосуд; (D) непрерывное восстановление азотистого основания из выходящего газа и ввод восстановленного азотистого основания в сольватор в качестве добавки; (E) непрерывный ввод продуктов реакции в отстойник и непрерывное разделение продуктов реакции на жидкую фракцию и твердую фракцию; (F) непрерывный ввод жидкой фракции в сольватор в качестве добавки; (G) непрерывный ввод твердой фракции в контакт с водой в блоке растворения с получением жидкой смеси.

13. Способ по п. 1, отличающийся тем, что реакционная смесь включает в себя дополнительно химическое боевое отравляющее вещество.

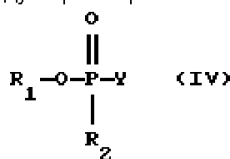
14. Способ по п. 1, отличающийся тем, что реакционную смесь создают комбинированием исходных материалов, которые включают в себя (1) азотистое основание; (2) по меньшей мере один энергетический материал; (3) химическое боевое отравляющее вещество; (4) активный металл в количестве, достаточном для разрушения энергетического материала и химического боевого отравляющего вещества.

15. Способ по п. 14, отличающийся тем, что энергетический материал выбран из группы, в которую входят азид свинца, гремучая ртуть, 4,5-динитробензол-2-диазо-1-оксид, стифнат свинца, хинилдiazохинилтетрацен, калий динитробензофуросан, свинец мононитрорезорцинат, 1,2,4-бутантриол тринитрат, диэтиленгликоль динитрат, нитроцеллюлоза, нитроглицерин, нитрокрахмал, пентаэритритол тетранитрат, триэтиленгликоль динитрат, 1,1,1-триметилолетан тринитрат, циклотетраметилентетранитрамин, циклотриметилентринитрамин, этилендиамин динитрат, этилендинитрамин, нитрохинин, 2,4,6-тринитрофенилметилнитрамин, аммоний 2,4,6-тринитрофенолат, 1,3-диамино-2,4,6-тринитробензол, 2,2', 4,4', 6,6'-гексанитроазобензол, гексанитростилбен, 1,3,5-триамино-2,4,6-тринитробензол, 2,4,6-тринитротолуол, нитрат аммония и их смеси.

16. Способ по п. 15, отличающийся тем, что химическое боевое отравляющее вещество выбрано из группы, в которую входят нарывные отравляющие вещества и нервно-паралитические отравляющие вещества, а также их смеси, причем формула указанного нарывного отравляющего вещества содержит по меньшей мере одну группу в соответствии с формулой



в которой X представляет собой галоген, а формула указанного нервного отравляющего вещества выглядит следующим образом:



в которой R₁ представляет собой алкил; R₂ выбран из алкила и амина; Y представляет собой уходящую группу.

17. Способ по п. 16, отличающийся тем, что X в формуле (III) выбран из фтора, хлора и брома, а Y в формуле (IV) выбран из галогена, нитрила и сульфида.

18. Способ по п. 16, отличающийся тем, что химическое боевое отравляющее вещество выбрано из группы, в которую входят иприт, Люизит, Табун, Зарин, Зоман, VX и их смеси.