

Химическое оружие: история исследования фосфорорганических отравляющих веществ за рубежом

И.А. Нельга, И.В. Медвецкий, А.В. Злобин, С.В. Третьяков,

А.В. Шерстюк, И.В. Костюченко

Федеральное государственное бюджетное учреждение
«33 Центральный научно-исследовательский испытательный институт»
Министерства обороны Российской Федерации, 412918,
Российская Федерация, Саратовская обл., г. Вольск-18, ул. Краснознаменная, д. 1

Поступила 12.04.2019 г. Принята к публикации 17.06.2019 г.

Фосфорорганические соединения занимают особое место среди боевых отравляющих веществ (ОВ). Высокий уровень токсичности, широкий спектр физико-химических свойств, полиаппликационность действия уже в 1930-х гг. привлекли к ним пристальное внимание зарубежных военных специалистов. В 1936 г. германский химик Герхард Шрадер впервые синтезировал О-этил-диметиламидоцианфосфат, известный сегодня как табун. К началу Второй Мировой войны сотрудниками его лаборатории было получено свыше 2 тыс. новых фосфорорганических и фосфорсодержащих соединений. Некоторые из них были отобраны для изучения в качестве боевых ОВ, впоследствии принятых на вооружение германской армии. В 1938 г. им же было открыто фосфорорганическое соединение, схожее с табуном, но более токсичное – О-изопропилметилфторфосфонат, получивший название зарин. Рихард Кун – немецкий химик, лауреат Нобелевской премии по химии (1938 г.), в 1944 г. синтезировал пинаколиловый эфир метилфторфосфоновой кислоты (зоман) и раскрыл механизм поражающего действия фосфорорганических ОВ (ФОВ). Британский химик Бернард Сондерс в 1941 г. синтезировал диизопропилфторфосфат (ДФФ). Во время Второй Мировой войны в Германии, Великобритании и США было налажено промышленное производство ФОВ, в Германии – табуна, зарины и зомана, у западных союзников – ДФФ. До окончания Второй Мировой войны лидерство в области создания ОВ нервно-паралитического действия принадлежало гитлеровской Германии. После окончания войны немецкие ученые, многие из которых были идейными нацистами, продолжили свою работу под эгидой военных ведомств США и Великобритании. Впоследствии с их участием были разработаны фосфорилированные тиохолиновые эфиры – вещества «V-серии» (агенты VG, VM, VR, VX, EA 3148, EA3317 и др.). Широкая номенклатура фосфорорганических соединений была испытана на добровольцах в Портон-Дауне (Великобритания) и Эджвудском арсенале (США). С открытием ОВ «V-серии» работа по исследованию ФОВ не прекратилась, причем по ряду публикаций можно судить о значительных масштабах проводимых исследований. В последние годы обозначилась тенденция к трансформации реальных угроз, связанных с применением химического оружия, в информационно-пропагандистскую область, например, примитивно подготовленная британскими спецслужбами провокация с агентом «Новичок», однако это не означает, что поиски новых ФОВ в западных странах прекращены.

Ключевые слова: бициклофосфаты; вещества «GV-серии»; вещества «G-серии»; вещества «V-серии»; вещество «А-234»; отравляющие вещества нервно-паралитического действия; Портон-Даун; фосфорилированные тиохолиновые эфиры; фосфорорганические отравляющие вещества; химическое оружие; Эджвудский арсенал; эксперименты на добровольцах.

Библиографическое описание: Нельга И.А., Медвецкий И.В., Злобин А.В., Третьяков С.В., Шерстюк А.В., Костюченко И.В. Химическое оружие: история исследования фосфорорганических отравляющих веществ за рубежом // Вестник войск РХБ защиты. 2019. Т. 3. № 2. С. 175–193.

Химическое оружие, начиная с первого применения в апреле 1915 г., показало свою высокую боевую эффективность, ввиду чего получило дальнейшее всестороннее развитие. К моменту подписания и ратификации «Конвенции о запрещении разработки, производства, накопления и применения химического оружия и о его уничтожении» (далее – «Конвенция...») ведущие мировые державы имели обширный арсенал средств ведения химической войны. Большая доля состоявших на вооружении отравляющих веществ (ОВ) относилась к отравляющим веществам нервно-паралитического действия (ОВ НПД), а именно к фосфорорганическим отравляющим веществам (ФОВ).

Цель настоящей работы – рассмотреть основные вехи исследования ФОВ за рубежом.

Открытие токсических свойств органических соединений фосфора.

Органические эфиры фосфорной кислоты были синтезированы в первой половине XIX в. немецким химиком-органиком *Августом Михаэлисом* (August Michaelis, 1849–1916)¹. Михаэлис догадывался о значении данного класса соединений, что ясно из его рассуждений о связи неорганической химии с органической: «По моему мнению, это направление исследований в своем дальнейшем развитии приведет ко многим неожиданностям. Если ему не принадлежит настоящее, то оно (в этом я уверен так же, как и в том, что у него есть большое прошлое) будет иметь большое будущее» [1].

Ранее исследователям уже были известны токсические свойства отдельных соединений фосфорной кислоты, однако химики, привыкшие к обращению с сильными ядами, не придали им особого значения. Даже когда в 1932 г. немецкий химик-органик *Вилли Ланге* (нем. Willy Lange, 1900–1976) и его аспирантка *Герда фон Крюгер* (нем. Gerda von Krüger, 1907–1970) указали на токсические свойства диалкилфторфосфатов и привели описание некоторых симптомов отравления ими, никто не предполагал использовать эти наблюдения на практике [1].

О своеобразном физиологическом действии этих токсичных веществ они коротко сообщили следующее: «Интересно сильное действие эфиров монофторфосфорной кислоты на организм человека. Пары этих соединений обладают приятным и очень ароматным запахом. Тем не менее, уже через несколько минут после их вдыхания ощущается сильное, связанное с удушьем, давление на гортань. Затем наступает легкое нарушение сознания и зрения,

сопровождающееся чрезвычайно болезненной чувствительностью глаз к свету. Все эти явления затихают только через несколько часов. Они не вызываются, видимо, кислыми продуктами разложения эфиров, а, вероятно, должны быть приписаны самим диалкилфторфосфатам. Описанное выше воздействие таких веществ на организм вызывается очень небольшими их количествами» [2].

Диалкилфторфосфаты были также получены в 1937 г. германским химиком-органиком *Герхардом Шрадером* (нем. Gerhard Schrader, 1903–1990) при изучении им инсектицидных эфиров кислот фосфора. Совместно со своим коллегой доктором Хансом Кюкенталем им было установлено и запатентовано соединение этого класса с высокой контактной инсектицидной активностью [3] (рисунок 1).

Самым известным представителем диалкилфторфосфатов стал диизопропилфторфосфат – благодаря работам английской научной группы под руководством *Бернарда Чарльза Сондерса* (Bernard Charles Saunders, 1903–1983), хотя впервые он был синтезирован Шрадером в 1938 г. из легкодоступного диметиламидодихлорфосфата. Результатом работы группы явился доклад Сондерса



Рисунок 1 – Германский химик-органик Герхард Шрадер. Им впервые осуществлен синтез зарина и табуна¹

¹ Фото взято с сайта: <https://www.altreinfo.org/una-storia-diversa/16440/se-hitler-avesse-usato-le-armi-chimiche-di-distruzione-di-massa-a-base-di-gas-nervino-avrebbe-vinto-la-guerra-e-invece-hitler-le-vieto-paolo-germani> (дата обращения: 19.05.2019 г.)

¹ Август Михаэлис – специалист в области химии фосфора, первооткрыватель реакции алкилирования триалкилфосфитов алкилгалогенидами с образованием диалкилфосфонатов (реакции Михаэлиса-Арбузова).

на конференции в Лондоне в 1941 г., посвященный синтезу и оценке свойств диизопропилфторфосфата (ДФФ, DFP) и перспективам его использования в военных целях [2]. Известно, что во время Второй Мировой войны в Англии и США было налажено промышленное производство данного соединения [4]. ДФФ можно считать первым промышленно производившимся и стоявшим на вооружении представителем ОВ НПД.

После победы над фашистской Германией, в связи с получением информации о синтезированных германскими химиками зарине и зомане, ДФФ утратил свое значение в качестве ОВ НПД.

Вещества «G-серии» – ОВ второго поколения. История соединений «G-серии» начинается 23 декабря 1936 г. Доктору Г. Шрадеру, химику конгломерата «И.Г. Фарбениндустри» в Леверкузене², была поручена разработка нового инсектицида. Основная задача, поставленная руководством Третьего Рейха, заключалась в том, чтобы уменьшить зависимость Германии от продуктов, импортируемых из-за границы.

Для этого было необходимо минимизировать вред, наносимый насекомыми запасам продовольствия. В поисках эффективных инсектицидов Шрадер обнаружил высокую токсичность некоторых фторсодержащих соединений. В частности, было отмечено сильное удушающее действие пара трехфтористого хлора (ClF_3) и других фтор-галогенидсодержащих соединений. Чрезвычайно токсичными оказались фторангидриды кислот фосфора. Однако их активность была обнаружена не сразу. Когда Шрадер впервые синтезировал О-этил-диметиламидоцианфосфат под лабораторным шифром «Вещество 9/91», его предполагалось использовать в качестве инсектицида [1].

Только случайно, месяц спустя, было обнаружено сильное токсическое действие О-этил-диметиламидоцианфосфата на человека. Одна лишь капля, пролитая на лабораторный стол, едва не привела к гибели Шрадера и его ассистента. Через несколько

минут вдыхания паров этого вещества у исследователей развился миоз (сужение зрачков), началось головокружение и сильная одышка. Для полного выздоровления им потребовались три недели. Высокая токсичность О-этил-диметиламидоцианфосфата сделала неприемлемым его использование в качестве инсектицида в сельском хозяйстве. Согласно записям работодателей Шрадера, его опыты были признаны провальными. Ведь перед ним стояла задача разработать яд, действующий на насекомых, а не на широкий круг животных.

По немецкому законодательству того времени, о любом открытии, потенциально пригодном для использования в военном деле, следовало немедленно докладывать в военное ведомство, поэтому Шрадер был вызван в Берлин для подробного доклада и демонстрации. Образец вещества в мае 1937 г. был отправлен в отдел химического оружия при управлении вооружения армии в Берлине – Шпандау, где во времена Третьего Рейха лучшие ученые Германии в обстановке строжайшей секретности разрабатывали химическое оружие, несмотря на то, что с конца Первой Мировой войны действовали ограничения Версальского мирного договора. Когда ученые, работавшие в Шпандау, проанализировали действие «Вещества 9/91» Шрадера, они были настолько поражены, что назвали это вещество Табун (от лат. «tabu» – запрет). В первую очередь их поразило то, что существующие ОВ, такие как иприт и фосген, убивали жертв за несколько дней, в то время как табун для этого нужно было всего 10 мин³. Летальная доза табуна при ингаляции оказалась в 8 раз меньше, чем у фосгена. Армия заплатила Шрадеру и его коллеге 50 тыс. немецких марок (примерно 20 тыс. \$ на то время), а его патентная заявка была признана секретной. Вскоре ученый переехал в новую лабораторию в Вупперталь-Эльберфельде в Рурской долине и продолжил свои исследования.

В 1939 г. в Мюнстер-Лагере, на пустошах Люнеберга⁴, недалеко от полигона немецкой армии в Раубкаммере, была запущена опытная установка по производству данного ОВ. Военно-

² И.Г. Фарбен, также И.Г. Фарбениндустри (нем. Interessen-Gemeinschaft Farbenindustrie AG – «Общность интересов промышленности красильных материалов») – конгломерат германских химических концернов (BASF, Bayer, Agfa, Hoechst, Weiler-ter-Meer и Griesheim-Elektron). «И.Г. Фарбен» внесла весьма крупный вклад в дело нацистского движения к 1939 г. она давала 90 % притока иностранной валюты и 85 % всей военной и промышленной продукции, необходимой для подготовки Германии к мировой войне.

³ Табун впервые был применен иракской армией 29 февраля 1984 г. во время ирано-иракской войны для отражения иранского наступления на иракские позиции в районе месторождения нефти Маджнун – более подробно см. Супотницкий М.В., Шило Н.И., Ковтун В.А.//Применение химического оружия в ирано-иракской войне 1980–1988 годов. 2. Применение химического оружия в боевых действиях//Вестник войск РХБ защиты. Т. 3, № 2. С. 150–174.

⁴ Люнебургская пустошь – равнина на северо-западе Германии (Нижняя Саксония) близ города Люнебург с хорошо сохранившимся природным ландшафтом.

полевые испытания проходили под условным наименованием «Трилон 83»⁵.

В сентябре 1939 г. концерн «И.Г. Фарбениндустри» получил заказ на строительство завода по производству «Трилона 83», получившего к этому времени военный шифр «табун», с проектной мощностью 1 тыс. т/мес. В сентябре 1942 г. были получены первые 138 т табуна, а с мая 1943 г. завод в Дихернфурте-на-Одере недалеко от г. Бреслау (ныне г. Вроцлав в Польше) был выведен на проектную мощность, хотя постоянно работал с недогрузкой (максимальный выпуск в июне 1944 г. составил 793 т табуна). Тем не менее, к концу Второй Мировой войны Германия имела запас табуна в 8770 т [4].

Условия работы на данных заводах были тяжелыми. Несмотря на высокий риск, который представлял собой табун, меры безопасности при его производстве были на минимальном уровне. Гражданские специалисты и военнослужащие часто подвергались ядовитому действию нового ОВ. Только в течение 1941 г. на заводе в г. Дихернфурте-на-Одере было зафиксировано 324 несчастных случая, 12 из которых были достаточно серьезными, вызвавшими гибель восьми рабочих. Со слов Шрадера, имел место случай, когда на одного из рабочих вылилось около двух литров табуна. Несчастный скончался уже через 2 минуты [5].

Официальные лица из Портон-Дауна⁶ в 1945 г. заключили, что такой низкий уровень техники безопасности был на руку германским исследователям, которые изучали тем самым воздействие ОВ на людей. Если по окончании войны в концлагерях были обнаружены документы, содержащие результаты исследований действия фосгена, дифосгена, иприта на подопытных заключенных, то свидетельства подобных экспериментов с фосфорорганическими соединениями отсутствуют. Это связано, по всей видимости, с тем, что, пытаясь скрыть свои успехи в области создания ОВ НПД, командование Германии держало в строжайшем секрете данные разработки.

К началу Второй Мировой войны сотрудниками лаборатории Шрадера в г. Вупперталь-Эльберфельде было получено свыше 2 тыс. новых фосфорорганических и



Рисунок 2 – Рихард Кун – немецкий химик, лауреат Нобелевской премии по химии (1938 г.), синтезировал зоман¹

¹ Фото взято с сайта: <https://www.thefamouspeople.com/profiles/richard-kuhn-7377.php> (дата обращения: 19.05.2019 г.)

фосфорсодержащих соединений. Некоторые из них были отобраны для изучения в качестве боевых ОВ, а впоследствии – приняты на вооружение армии.

В 1938 г. было открыто схожее с табуном, но более токсичное фосфорорганическое соединение – О-изопропилметилфторфосфонат, получившее название «зарин» (sarin) в честь первооткрывателей – Шрадера (Schrader), Эмброуза (Ambrose), Рудригера (Rudriger) и ван дер Линда (van der Linde). Другие его названия – «трилон 46», «трилон 144», Т46 и Т144. В июне 1939 г. техническая документация на данное соединение была передана в Военно-химическое управление военного ведомства Германии вместе с образцом. После войны зарин получил шифр GB [6].

Несмотря на все усилия, затрачиваемые на производство табуна, ученым было ясно, что зарин превосходит его по многим характеристикам. Зарин был более летучим и токсичным, чем табун, но его было сложнее производить в промышленных масштабах. Все пути синтеза зарина, исследованные в то время, требовали использования коррозионно-активного фтористого водорода. Это потребовало использования дорогостоящей технологической оснастки с кварцевым и серебряным покрытием [7]. Несмотря на это, в 1943 г. немецкие вооруженные силы одобрили строительство принципиально нового завода по производству зарина. Пилотные заводы

⁵ Подобные вещества в целях маскировки условно называли трилонами, хотя трилоны – это нетоксические комплексообразователи, используемые в качестве аналитических средств и вспомогательных материалов для крашения тканей.

⁶ Портон-Даун (Porton Down) – военно-научный объект в Великобритании с высоким режимом секретности. В целях сокрытия основной деятельности объекта британские власти представляют его технопарком. Расположен к северо-востоку от небольшого населенного пункта Портон рядом с городом Солсбери в графстве Уилтшир. Во время Второй Мировой войны там проводились исследования по химическому и биологическому оружию. После окончания войны осваивались передовые германские технологии в области синтеза ФОВ, таких как зарин, табун, зоман. В 1952 г. в Портон-Дауне был синтезирован VX.

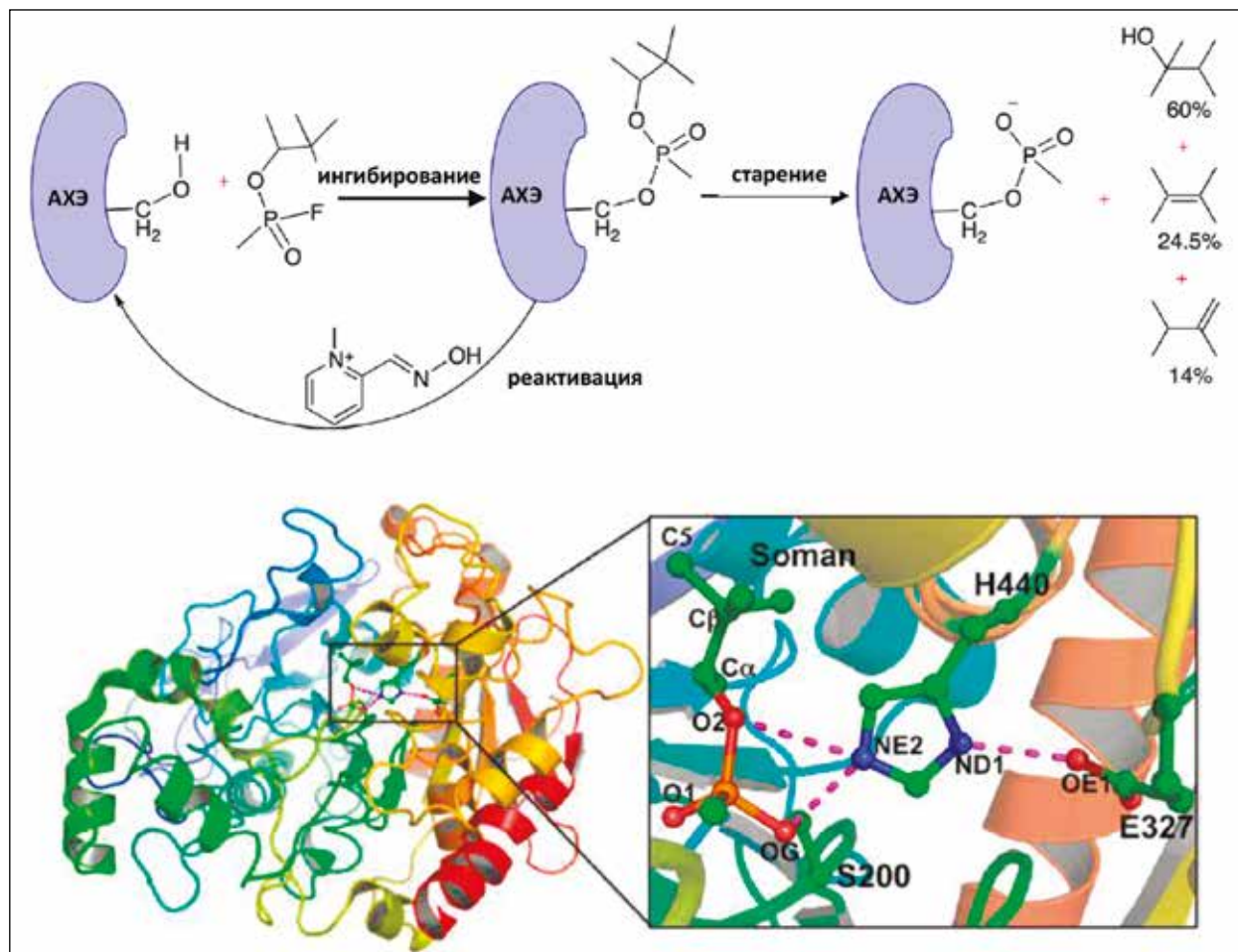


Рисунок 3 – Схема взаимодействия молекулы зомана с активным центром ацетилхолинэстеразы (АХЭ) [8]

были построены в Шпандау, Мюнстер-Лагере, на пустоши Люнебург, а опытное производство зарина велось в здании 144 в Дихернфуртена-Одере. По различным оценкам, опытное производство обладало мощностью от 40 до 100 т/мес. Завод с мощностью 500 т/мес. строился в Фалькенхагене к юго-востоку от Берлина.

За открытием табуна и зарина в 1944 г. последовало открытие более токсичного ОВ – пинаколилового эфира метилфторфосфоновой кислоты (зоман). Его синтез осуществлен сотрудниками Института медицинских исследований имени кайзера Вильгельма Рихардом Куном (нем. Richard Johann Kuhn, 1900–1967) и Конрадом Хенкелем (нем. Konrad Henkel, 1915–1999) (рисунок 2).

Чтобы понять, насколько серьезно руководство Германии относилось к созданию химического оружия, необходимо отметить, что Рихард Кун был выдающимся химиком, в 1938 г. он был удостоен Нобелевской премии за вклад в изучение структуры и функций витамина «В» и каротина. Свои работы над созданием ОВ Кун начал в 1943 г., когда его попросили работать в немецком военном артиллерийском ведомстве.

Перед Куном и его коллегами стояла задача понять механизм воздействия ОВ нервно-паралитического действия. Они обнаружили, что подобные вещества блокируют фермент холинэстеразу, отвечающий за разрушение ацетилхолина – нейромедиатора, который продуцируется в синапсах – местах контактов между нейронами или нейронами и мышечными окончаниями (схема механизма действия зомана на ацетилхолинэстеразу представлена на рисунке 3).

Когда этот фермент заблокирован, нервные клетки в тканях мозга и мышцах остаются в состоянии чрезмерного возбуждения, что приводит к появлению различных симптомов, таких как потливость, чрезмерное слюноотделение, сужение зрачков, боль в глазах, слезотечение, рвота и удушье.

Зоман оказался примерно в 3 раза токсичнее зарина и более стойким на местности. Отравление зоманом хуже поддается лечению, чем отравление заринном [4]. До самого конца войны он находился на стадии лабораторных исследований и технологической проработки. Всего было изготовлено около 20 т зомана.

Этот класс ФОВ позднее был назван американскими военными специалистами «G-агентами» (от англ. «German» – немецкий) по стране происхождения ученых, открывших этот класс соединений. Наиболее известными представителями этого класса являются GA – табун, GB – зарин и GD – зоман.

Зарин и зоман по совокупности токсических и физико-химических свойств существенно превосходили ранее известные ОВ. Они были пригодны для применения без существенных ограничений по погодным условиям. Их можно было диспергировать взрывом до состояния пара или тонкодисперсного аэрозоля. Зоман был пригоден для применения как в артиллерийских снарядах и авиационных бомбах, так и с помощью выливных авиационных приборов. При поражении тяжелой степени скрытый период действия у этих отравляющих веществ практически отсутствовал. Смерть пораженных наступала от паралича дыхательного центра и сердечной мышцы [4].

Создав новое поколение химического оружия и организовав промышленное изготовление зарина и табуна втайне от союзников по антигитлеровской коалиции, Германия получила явное преимущество перед ними в области химических вооружений. В случае развязывания химической войны с применением табуна, зарина и в какой-то доле зомана, перед союзниками встали бы неразрешимые в ходе последних лет войны проблемы защиты войск от этих отравляющих веществ. Ответное применение иприта, фосгена и других отравляющих веществ, составлявших основу их химического арсенала, не обеспечило бы адекватного ответа. Союзные армии не имели необходимых средств защиты от табуна и зарина. Отсутствовали antidotes, газосигнализаторы и дегазирующие растворы. Импрегнированное обмундирование, состоявшее на снабжении союзных армий, было пригодно для защиты тела от паров иприта и люизита, но не обладало защитными свойствами от ФОВ. К счастью для союзных армий, применение против них табуна и зарина не состоялось. Причины, по которым Германия, обреченная на поражение в войне обычными средствами, не попыталась переломить ход войны в свою пользу с помощью новейшего химического оружия, достоверно не известны [9].

В начале 1945 г. немецкая армия шла на экстремальные меры, чтобы сохранить в тайне от своих противников боеприпасы, снаряженные зарином и табуном, «которые ни при каких обстоятельствах не должны попасть к ним в руки», как было написано в директиве фельдмаршала Вильгельма Кейтеля (нем. Wilhelm Bodewin Johann Gustav Keitel; 1882–1946).

В последние годы войны транспортировать эти боеприпасы по особо охраняемым территориям было очень сложно, отчасти потому, что железные дороги были разбомблены, а сама территория Германии подвергалась авиаударам союзников. Например, в ходе одного из авиаударов со стороны американских воздушных сил летчики сбросили бомбы на грузовые вагоны, заполненные боеприпасами с табуном. Это произошло недалеко от города Лосса в Германии. Четыре жителя города умерли от ядовитых паров за считанные минуты. Позже тысячи бомб, снаряженных табуном, переправлялись на баржах по таким рекам, как Дунай и Эльба.

С одной из таких барж, следовавших по Дунаю, столкнулись американские военные, когда производили ее обстрел. К удивлению американских солдат, всего после нескольких выстрелов немцы подняли белый флаг. На последующем допросе они сообщили, что груз баржи составляли бомбы с табуном, которые могли убить их всех.

На завершающем этапе войны британские военные нашли огромное количество документов об исследованиях химического оружия в цитадели Шпандау и его испытаниях в Раубкаммере. Они обнаружили, что некоторые немецкие боеприпасы содержат мощный, не известный ранее фосфорорганический нервно-паралитический яд, который был намного более токсичным, чем ОВ, находящиеся на вооружении у союзников. Вскоре американцы и британцы объединили свои усилия и начали поиски ученых, занимающихся исследованиями в области химического оружия. Когда они арестовали изобретателя табуна Шрадера, он передал им все формулы и другие наработки по нервно-паралитическим веществам.

После окончания Второй Мировой войны начался новый этап развития ОВ нервно-паралитического действия под эгидой уже Соединенных Штатов Америки и Великобритании. Пытаясь заставить германских химиков работать на себя, США развернули программу под кодовым наименованием «Скрепка». К делу каждого ученого, в котором они были заинтересованы, была прикреплена скрепка (отсюда название). Президент США Гарри Трумэн был против приезда в Америку радикально настроенных нацистов. Но многие самые многообещающие ученые были членами НСДАП. В результате американские рекрутеры редактировали их досье, чтобы удалить упоминание о нацистском прошлом, и писали для них новые биографии, чтобы те получили возможность работать на военных в США. Многие ученые химики были приняты на работу в Эджвудском арсенале в штате Мэриленд для



Рисунок 4 – Немецкие ученые-нацисты, работающие на ВВС США в Гейдельберге, фотографируются с американскими офицерами. В центре внизу – Рихард Кун [10]

разработки химического оружия (фотография представлена на рисунке 4).

У британской армии была схожая операция, которая называлась «Спичечный коробок». Работая с учеными западного мира, нацистские химики добросовестно помогали создавать нервно-паралитические ОВ нового поколения и разрабатывать способы их боевого применения.

США на положении военнопленных отправили в Эджвудский арсенал немецких специалистов во главе с Шрадером. При их участии США к 1952 г. закончили подготовительные разработки и пустили на полную мощность вновь построенный завод по производству зарина в составе армейского Рокки-Маунтинского арсенала (г. Денвер, штат Колорадо)⁷.

Вещества типа VX – третье поколение отравляющих веществ. Успех немецких

химиков, открывших табун, зарин и зоман, стал причиной резкого расширения масштабов работ в США, Великобритании и в других странах по поиску новых ОВ. Результат не заставил себя долго ждать. Уже в 1952 г. сотрудником лаборатории химических средств защиты растений английского концерна «Империял Кемикл Индастриз»⁸ доктором Ранаджитом Гхошем (англ. Ranajit Ghosh) было синтезировано еще более токсичное вещество из класса фосфорилтиохолинов. Первоначально данный класс соединений разрабатывался с перспективой их использования в качестве пестицидов [11]. Вещество амитон (тетрам, инферно, метрамек, ви-джи) уже вышло в продажу, однако из-за крайне высокой токсичности было тут же отозвано с рынка. Его смертельная доза на мышах составляет 0,235 мг/кг (подкожно) и 0,5 мг/кг (внутрибрюшинно), то

⁷ Рокки-Маунтинский арсенал (англ. Rocky Mountain Arsenal) создан в штате Колорадо в 1942 г. для производства и испытания химического оружия.

⁸ Imperial Chemical Industries (ICI, букв. Имперская химическая промышленность) – британская химическая компания. В свои лучшие времена была крупнейшей производственной компанией в Британской империи и обычно рассматривалась как «ведущая в британской экономике». Производила химические реагенты, взрывчатые вещества, удобрения, инсектициды, красители, цветные металлы и краски. В начале нулевых годов компания распродала свои товарные химические отрасли.

Таблица 1 – Обобщенные данные по физиологической активности ФОВ [12]

Вещество	Ингаляционная токсичность LC ₅₀ , мг*мин/л	Токсичность при внутривенном введении LD ₅₀ , мг/кг	Токсичность при кожной аппликации LD ₅₀ , мг/кг
Крыса			
DFP	3,600	–	–
GA	0,450	0,0660	12,600
GB	0,220	0,0390	2,500
GD	0,230	0,0440	14,300
GF	0,180	0,0053	1,800
VX	0,017	0,0079	0,100
Кролик			
DFP	–	0,3000	> 117,000
GA	0,960	0,0630	2,500
GB	0,120	0,0150	4,400
GD	0,160	0,0110	1,540
GF	–	0,0150	0,300
VX	0,025	0,0084	0,025
Собака			
DFP	–	3,4300	–
GA	0,135	0,0840	30,000
GB	0,060	0,0190	10,800
GD	–	0,0050	4,900
GF	–	–	–
VX	0,015	0,0630	0,054
Обезьяна			
DFP	–	0,1000	–
GA	0,187	0,0500	9,300
GB	0,074	0,0223	–
GD	–	–	–
GF	0,130	–	–
VX	0,050	0,0084	0,065
Человек (прогноз)			
DFP	–	–	–
GA	0,135	0,0800	14,000
GB	0,070	0,0140	24,300
GD	0,070	–	5,000
GF	0,035	–	–
VX	0,030	0,0080	0,143

есть по токсичности амитон сравним с зарин. Примерно в это же время аналогичные синтезы осуществили Шрадер и доктор Ларс-Эрик Таммелин (англ. Lars-Erik Tammelin, 1923–1991) из

шведского Института оборонных исследований (англ. Swedish National Defence Research Institute).

Британцы, в соответствии с трехсторонним соглашением между США, Великобритани-

ей и Канадой по проблеме химического оружия и защиты от него, информацию об открытии нового высокотоксичного вещества передали в Эджвудский арсенал армии США для испытаний и оценок. Новый класс соединений получил кодовую литеру «V» (от англ. «venom» – яд).

В оборонных химических лабораториях США и Великобритании за короткое время были синтезированы и в токсикологическом отношении изучены сотни «V-агентов». По результатам проведенной всесторонней оценки в США был сделан выбор в пользу О-этилового-S-2-(N,N-диизопропиламино)этилового эфира метилфосфоновой кислоты, получившего шифр VX. Обобщенные данные по физиологической активности исследованных соединений на животных и в прогнозе токсичности для человека обобщены в таблице 1.

В апреле 1961 г. в США начал работать на полную мощность завод в Нью-Порте (штат Индиана) по производству вещества VX и снаряженных им боеприпасов. Годовая производительность завода составляла 5 тыс. т вещества. Согласно сообщениям печати, в 1969 г. США достигли запланированного уровня запасов вещества VX и завод был законсервирован [9].

Проведение токсикологических экспериментов на добровольцах. Военное руководство Великобритании и США отчетливо представляло, какую мощь таит в себе химическое оружие и чего могло стоить отставание от Германии во времена Второй Мировой войны. Необходимость реальной оценки боевой эффективности таких ОВ, как зарин, зоман и VX по отношению к живой силе противника привела к испытанию ФОВ на добровольцах (хотя испытуемые зачастую не знали, с какими веществами будут проводиться эксперименты). Знания об особенностях воздействия ФОВ на лабораторных животных лишь приближали к заветным цифрам, но на практике же никто не мог смело утверждать, какое количество вещества, находящегося в воздухе или нанесенного на кожу или обмундирование, приведет к гарантированной гибели пораженного.

Самый первый задокументированный случай, приведший к тяжелому поражению человека зарином в западном мире, произошел 7 ноября 1952 г. в США на Дагуэйском испытательном полигоне, Туэле, штат Юта. В тот день проводились полевые испытания авиационных боеприпасов, снаряженных зарином. После того, как самолет сбросил несколько бомб (по 340 л ОВ в каждой) с высоты 600 м, было заражено зарином 38 тыс. м², а через три часа в сторону испытательной площадки выдвинулась исследовательская группа, в состав которой входил военный врач. Считая разговоры о не-

вероятной токсичности зарины сильным преувеличением, офицер был единственным в команде, не одевшим противогаз. Выйдя из автомобиля, он спокойно подошел вплотную к воронке от снаряда, в которой еще в жидком виде находился зарин (впоследствии офицер вспоминал, что его запах напоминал пары бензина). Но уже через 10 с, почувствовав, что вот-вот потеряет сознание, он кинулся назад, раздирая грудь руками и умоляя, чтобы ему дали противогаз. Не добежав до машины, он свалился в конвульсиях и впал в кому, после чего ему внутримышечно ввели атропин. Внешний вид пораженного не оставлял у команды надежды, что он выживет – спазмы часто повторялись, дыхание было нерегулярным, причем с каждым тяжелым вдохом-выдохом издавались отчетливые свист и бульканье. По пути в госпиталь пораженный был подключен к переносному аппарату искусственной вентиляции легких. Впоследствии, еще через двое суток, он был при смерти, но атропиновая терапия и аппарат искусственного дыхания с подачей избытка кислорода сделали свое дело – пострадавший был спасен, а ученые Эджвуда получили бесценные знания.

Подобные знания, но с более трагичным исходом, были получены и в Великобритании, где примерно с 1939 по 1989 гг. проводилась государственная программа, направленная на изучение воздействия ФОВ на людей. Испытаниям, которые проводились в Портон-Дауне, подверглось более 21 тыс. волонтеров – солдат срочной службы британской армии [13]. Фотография волонтеров представлена на рисунке 5.

Так, в 1952 г., с апреля по июнь, в таких испытаниях участвовали 140 военнослужащих Королевских военно-воздушных сил. Перед началом исследований до потенциальных испытуемых довели следующую информацию: «Физический дискомфорт, вызываемый экспериментами, обычно очень незначителен.



Рисунок 5 – Группа волонтеров в Портон-Дауне, 1955 г. [17]



**Рисунок 6 – Аппликация ОВ НПД на предплечье.
Портон-Даун, май 1953 г. [17]**

Во избежание риска для здоровья эксперименты тщательно спланированы и проходят под наблюдением высококвалифицированных врачей». Кроме того, военнослужащим говорили, что они не должны будут выполнять какие-либо обязанности военной службы во время пребывания в Портон-Дауне и могут свободно проводить время по вечерам. Доплата за участие в эксперименте составляла от 10 до 15 шиллингов в неделю. Единственное, о чем не упоминалось при подписании соглашения на добровольное участие, это то, что использоваться будут ОВ нервно-паралитического действия. Проведение одного из таких экспериментов отражено на рисунке 6.

В настоящее время имеются доказательства того, что ученые, проводившие исследования, ясно представляли себе, какой опасности будут подвержены добровольцы и что чем дольше идет эксперимент, тем выше риск непоправимого ущерба здоровью. Еще до 1952 г. при проведении экспериментов различными дозами зарина были поражены в общей сложности 396 мужчин. Из них у четырнадцати ингибирование холинэстеразы превышало 80 %, у семерых проявились клинические симптомы, требующие лечения и в некоторых случаях госпитализации. 10 февраля один из участников группы, волонтер Саммонс, после кожно-резорбтивного воздействия 300 мг зарина испытал первые зарегистрированные в Великобритании серьезные последствия. Он был госпитализирован с такими симптомами, как сильное головокружение, тошнота, холодный пот, рвота и чувство общей подавленности. Тогда был зафиксирован уровень угнетения холинэстеразы 94 %. Однако экспериментаторы на этом не остановились. Через шесть дней двадцативосьмилетний волонтер Перри подвергся воздействию 250 мг зарина. В ходе эксперимента проявились те же симптомы и уровень угнетения 90 %, но несмотря на это, вместо госпитализации, его отправили в казарму, где спустя восемь часов он начал вести

себя крайне иррационально. Лишь после этого он был направлен в госпиталь.

27 апреля шести испытуемым произвели аппликацию по 300 мг зарина. Среди них находился и двадцатидвухлетний волонтер Келли, неделю назад участвовавший в подобном эксперименте, который закончился для него комой. Перед повторным экспериментом уровень угнетения холинэстеразы Келли составлял 52 и 82 % (согласно двум принятым методикам измерения), а показатели физического состояния явно свидетельствовали об остаточных признаках поражения. В дальнейшем исследователи оправдывались, что они попросту «недосмотрели» и «случайно допустили» его до испытаний. С другой стороны, строгая организация эксперимента с обязательной фиксацией основных жизненных показателей «до» и «после», свидетельствует о том, что исследователи намеренно использовали человека с уже угнетенной холинэстеразой с целью изучить эффекты кумулятивного действия зарина. Эксперимент производился в газовой камере, аналогичной представленной на рисунке 7.

Один из присутствующих с Келли в камере видел, как он пытался сорвать свой противогаз перед тем, как упасть на пол с пеной у рта. «Откровенно говоря, это напугало меня до смерти», – вспоминает свидетель. Основными симптомами были судороги и неспособность дышать. Вскоре после того, как Келли потерял сознание, ему ввели 4 мг атропина и доставили в больницу, где произошла остановка дыхания. Дыхательные пути были очищены, пострадавшему дали кислород и еще 2 мг атропина. Четыре с половиной часа спустя он пришел в сознание. В течение последующих двадцати четырех часов уровень угнетения холинэстеразы Келли возрос до угрожающих жизни 94 % с дальнейшим повышением до 98 %. Но британским медикам удалось спасти пострадавшего.

Однако не все эксперименты оканчивались столь же благополучно. 6 мая 1953 г. волонтеры Мэддисон, Ньюман и еще четыре человека, надев противогазы, вошли в газовую камеру Портон около 10:00 утра, не подозревая, что каждый из них получит дозу в 200 мг зарина (фотография представлена на рисунке 8).

Мэддисон был заражен около 10:17, а через 20 мин после начала эксперимента он сказал, что чувствует себя «довольно странно и обильно потеет». Один из ученых вывел его из камеры к скамейке, где он потерял сознание [14–16]. Тут же начался тремор, а затем судороги, поэтому медицинские сотрудники ввели атропин, но состояние Мэддисона быстро ухудшалось. К тому времени, когда машина скорой помощи прибыла, он был без сознания. Несмотря на все

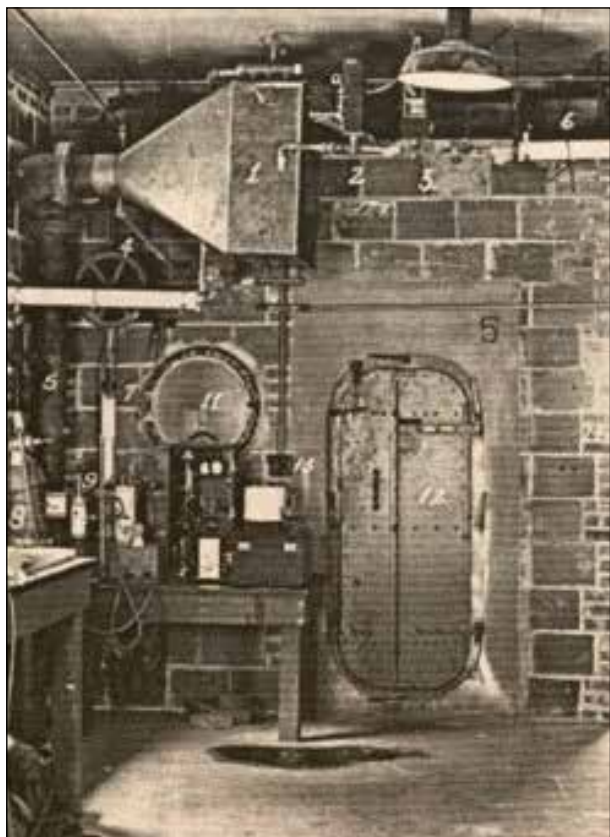


Рисунок 7 – Камера для проведения экспериментов на людях, Эджвудский арсенал¹

¹ Фото взято с сайта: <https://www.newyorker.com/news/news-desk/primary-sources-operation-delirium> (дата обращения: 03.02.2019 г.)



Рисунок 8 – Волонтер Рональд Мэддисон, 1953 г. Умер в результате экспериментов с заринем в Портон-Дауне [17]

усилия Станционного медицинского центра, спасти жизнь Мэддисона не удалось. В 13:30 была констатирована его смерть. Ингибирование холинэстеразы достигло 99 %.

Позднее были обнаружены записи, которые свидетельствовали о том, что в тот период проводились испытания не только зарина, но также циклозарина и зомана. Несмотря на этот трагический случай, эксперименты на людях, хоть и с более пристальным вниманием со стороны медиков, все же продолжались.

Подобная программа испытания ОВ на людях действовала не только в Великобритании. Около 7 тыс. военнослужащих приняли участие в таких экспериментах и в Соединенных Штатах Америки в Эджвудском арсенале.

Испытания с V-агентами в Соединенных Штатах начались в конце 1950-х гг., когда Ван М. Сим, директор Эджвудского арсенала по исследованиям на людях, выполнил два «автоэксперимента» с VX. В ходе проведенного Сенатом США допроса по поводу испытаний в середине 1970-х гг. он представил себя самоотверженным ученым, заинтересованным,

прежде всего, в здоровье и безопасности своих подчиненных, а поэтому неспособным вводить отравляющие вещества людям. Но этот разговор состоялся уже после реализации расширенной программы, в которой сотни испытуемых, в большинстве своем военнослужащие, получали внутривенные инъекции, вдыхали пары ОВ НПД, пили зараженную воду или испытывали новые терапевтические приемы. На девяносто трех добровольцах изучали психологические и поведенческие реакции (в основном приступы тревоги, апатии), которые вызывались кожно-резорбтивным воздействием VX. При этом несчастные случаи были обычным делом. Только в 1950-х гг. было документально зафиксировано более двух сотен инцидентов с G-агентами и двадцать случаев – с участием V-агентов [17].

Разработка новых ФОВ. На создании веществ V-серии работы по поиску новых ФОВ в США не закончились. Американскими химиками был разработан ряд аналогов уже стоящих на вооружении фосфорорганических соединений. Например, вещество под шифром GF (США) является циклогексильным аналогом

зарина. Еще один его аналог – вещество EA 1356, отличающееся от GF наличием метильной группы в циклогексильном радикале. По уровню токсичности эти вещества занимают промежуточное положение между зарин и веществом VX, существенно превосходя зарин по кожно-резорбтивной токсичности, что и привлекало к ним особое внимание военных специалистов. Вещество GF рассматривалось в качестве перспективного ОВ иракской армией и предназначалось для применения в смесях с зарин [18].

В США в течение длительного времени велись работы над созданием ОВ четвертого поколения. К этим соединениям относились, прежде всего, вещества, исследованные в рамках программы «IVA» («Intermediate Volatility Agents» – «Вещества с промежуточной летучестью»). Целью этой программы было получение веществ не столько с улучшенными токсикологическими характеристиками, сколько с измененными в желаемом направлении физическими свойствами. Ставилась задача получения аналога зарина или вещества VX, который имел бы летучесть больше, чем у вещества VX, но меньше, чем у зарина.

В докладе министерства обороны конгрессу США за 1988–1989 финансовый год говорилось: «...будет образовываться полустойкое отравляющее вещество, которое после диспергирования будет немедленно вызывать поражения личного состава противника и заставляя его надевать противогазы и защитную одежду. Это отравляющее вещество сохраняет эффективность в очаге поражения в течение нескольких часов» [9].

Сообщалось, что в качестве ОВ с промежуточной летучестью в США оценивался зоман, но по совокупности свойств он не соответствовал требованиям программы IVA. На замену зоману был выбран 2-(диметиламино)этил диметиламидофторфосфат – вещество GP (EA 5365), исследования которого были доведены до стадии испытания его в бинарном боеприпасе. При внутривенном введении GP мышам и крысам значения LD_{50} составили 0,0276 и 0,011 мг/кг соответственно, что находится на уровне зарина и VX.

Структурные аналоги вещества GP с общим обозначением «GV-агенты» также упоминаются в литературе как «эфиры Таммелина». Они имеют молекулы гибридного строения, сочетая свойства фторангидридов и фосфорил(тио)холинов и по уровню токсичности не выходят за пределы, соответствующие зарину и веществу VX. К тому же они оказались недостаточно стойкими. Правда, при создании для них бинарных боеприпасов этот недостаток не имел большого значения. Кроме того, эфиры Таммелина имели еще одну немаловажную

особенность. В их химической структуре отсутствует связь углерод-фосфор, а в Списках подписанной многими странами «Конвенции...» подобные соединения не значатся и поэтому не подлежат особому контролю, что дает возможность проведения под различными предлогами широкомасштабных исследований в данной области. О том, что такие исследования проводятся, свидетельствуют, например, публикации чехословацких токсикологов [19].

Общее представление о масштабе и направлениях проводившихся работ можно составить на основе данных, приведенных в таблице 2.

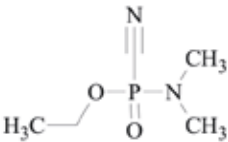
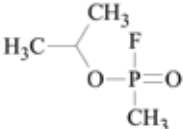
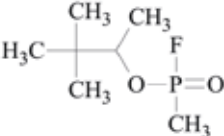
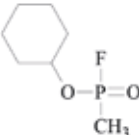
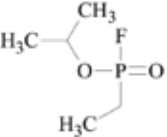
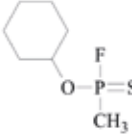
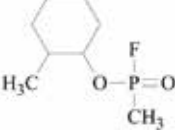
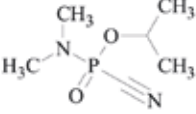
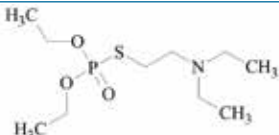
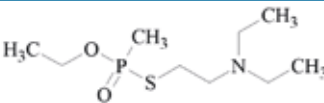
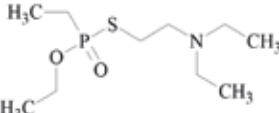
Среди ФОВ были найдены представители, которые воздействуют и на другие нейромедиаторные системы. В 1973 г. Е. Беллет и Дж. Касида [9] сообщили, что синтезированные ими бициклофосфаты (БЦФ) обладают высокой токсичностью, сравнимой с токсичностью фосфорсодержащих отравляющих веществ. Бициклофосфаты представляют собой кристаллические вещества. Они хорошо растворимы в петролейном эфире, хлороформе, диметилсульфоксиде и ограниченно в воде.

Токсичность БЦФ для грызунов очень высока. Так, изопропил-2,6,7-триоксафосфобицикло[2.2.2]октан при введении в латеральный желудочек мозга в дозе 48 мкг вызывал судороги у 100 % мышей. Еще более токсичным оказался третбутилбициклофосфат. LD_{50} для мышей не превышала 50 мкг/кг при внутривентральном введении. Такая же токсичность выявлена и для трет-бутилбициклофосфотионата.

Считается, что БЦФ являются неконкурентными антагонистами ГАМК_A-рецепторов. Их токсическое действие обусловлено блокадой Cl-ионного канала [21]. При попадании в организм они вызывают удушье, тремор, симптомы Штраубе, тонические спазмы, которые быстро сменяются судорогами. Смерть животных наступает в течение 2–20 мин. Бициклофосфаты, как потенциальные боевые ОВ, были всесторонне исследованы в США, Англии, Японии и Израиле [9].

Трансформация угрозы. Гибридные войны. В настоящее время, несмотря на то, что основные запасы ОВ уничтожены, химическое оружие все же находит место в арсенале западных стран в борьбе между государствами на мировой арене. Так, в последние годы обозначилась тенденция к трансформации реальных угроз, связанных с применением химического оружия, в информационно-пропагандистскую область. Благодаря широкому внедрению информационных технологий значительно облегчается формирование общественного мнения путем создания информационных «вбросов», вызывающих широкий резонанс в медийном пространстве.

Таблица 2 – Основные отравляющие вещества нервно-паралитического действия, исследованные зарубежными военными специалистами в качестве компонентов химического оружия [12]

Шифр армии США и Эджвудского химико-биологического центра	Структурная формула
«G-агенты»	
GA EA 1205	
GB EA 1208	
GD EA 1210	
GF EA 1212	
GE	
EA 2223	
EA 1356 или EA 3534	
EA 4352	
«V-агенты»	
VG Амитон	
VM EA 1664	
VS	

Шифр армии США и Эджвудского химико-биологического центра	Структурная формула
VX EA 1701	
V _x EA 1699	
EA 3317	
«GV-агенты»	
GP EA 5365	
EA 5488	
GV1	
GV2	
GV3	
EA 5414	
GV5	

Ярким примером является вторжение стран НАТО в Ирак в 2003 г., разрушение государства и гибель более 600 тыс. мирных

иракцев. В качестве предлога для вторжения были использованы утверждения США и ряда их союзников о якобы наличии у Ирака оружия

массового поражения и о нежелании Ирака «разоружаться». Такие заявления делались вопреки тому, что все химическое оружие Ирака было уничтожено под контролем экспертов ООН в 1991–1993 гг.

Сюда же можно отнести покушение на брата Ким Чен Ина – Ким Чен Нама с использованием вещества типа VX в 2017 г., последовавший вслед за этим общественный резонанс в СМИ и введение США санкций против КНДР «за применение химического оружия». Также стоит отметить многочисленные провокации, устроенные как террористами, так и «Белыми касками» с использованием различных ОВ в ходе гражданской войны в Сирии [22].

И, наконец, инцидент 4 марта 2018 г. в Солсбери, в ходе которого Сергей и Юлия Скрипали были якобы отравлены соединением «А-234». Через месяц после инцидента пострадавшие были выписаны из больницы, дальнейшее их местонахождение скрывается британскими властями⁹.

Необходимо добавить, что в девяти километрах от места происшествия, в так называемом «технопарке» Портон Даун, функционирует упомянутая выше Лаборатория оборонной науки и техники Министерства обороны Великобритании (DSTL), где в недавнем прошлом проводились работы по разработке химического оружия, а в настоящее время находится единственный разрешенный маломасштабный объект по производству ТХ Списка 1.

12 марта 2018 г. официальные лица Великобритании голословно обвинили Российскую Федерацию в применении на их территории химического оружия, в частности, отравляющего вещества «А-234» или «Новичок», в ультимативном порядке потребовав от России признания своей вины. Действия британской стороны при этом не соответствовали ни установлениям международного права, ни положениям «Конвенции...». Как новый прием ведения информационной войны, информация об инциденте и ходе его расследования распространялась не столько по официальным каналам, сколько с использованием средств масс-медиа, социальных сетей и мессенджеров.

О соединении «А-234» – О-этил-(N,N-диэтилацетиламино)фторфосфате – стало известно общественности из книги В.С. Мирзаянова – бывшего сотрудника Государственного научно-исследовательского института органической химии и технологии (ГосНИИОХТ, Москва), в настоящее время проживающего в США. Он утверждал, что в СССР

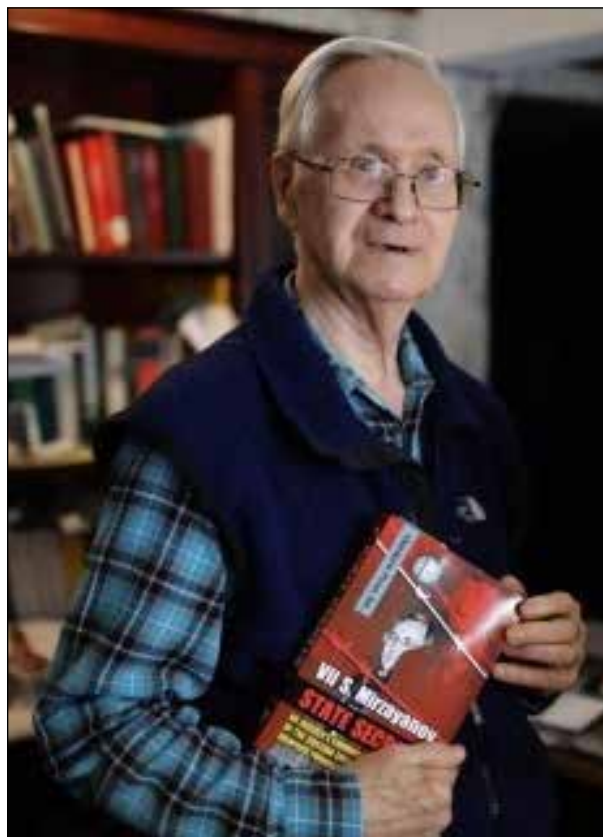


Рисунок 9 – Перебежчик В.С. Мирзаянов – бывший сотрудник ГосНИИОХТа, основной источник «информации» о соединении «А-234»¹

¹ Фото взято с сайта: <https://www.theguardian.com/uk-news/2018/mar/16/russian-spy-poisoning-attack-novichok-chemist> (дата обращения: 19.05.2019 г.)

в 1970–1980-х гг. якобы проводились работы по исследованию соединений подобного класса [23]. В качестве доказательства автор приводит их структурные формулы и общую схему получения (рисунок 9).

В то же время анализ данных литературы выявил большое количество иностранных публикаций и заявок на патенты, которые касаются соединений данного класса и датируются 1970–1980-ми гг. [24–36].

Например, сотрудники Центра химических исследований и разработок, входящего в состав Абердинского полигона армии США, штат Мериленд (сейчас – Эджвудский химико-биологический центр) проводили исследования фосфорилированных амидинов [24].

Германский концерн «Bayer AG» зарегистрировал ряд патентов [25–28] на эфиры фосфорилированных амидинов, которые предлагаются в качестве пестицидов. Шведская корпорация «CIBA-GEIGY» также запатентовала

⁹ Подробный анализ всех нестыковок этой провокации приведен в статье «Множество неудобных вопросов по делу Скрипалей». <https://rusvesna.su/news/1538251616> (дата обращения: 03.04.2019).

множество соединений [29–34], относящихся к производным фосфорилированных амидинов. Американские компании «Dow Chemical» и «Staffer Chemical» запатентовали ряд перспективных инсектицидных препаратов [35, 36], относящихся к производным алкилфосфорной и алкилфосфоновых кислот с амидиновыми заместителями¹⁰. Такой интерес к данному классу соединений американских военных химиков и аффилированных с военными ведомствами стран НАТО химических корпораций недвусмысленно

указывает на то, что в 1970–1980-х гг. класс производных фосфорилированных амидинов усиленно исследовался зарубежными специалистами, в том числе и в военных целях. Этот пример очень показателен – история ФОВ началась именно с разработки инсектицидов.

Таким образом, несмотря на «Конвенцию...», история ФОВ еще не закончена и мы, специалисты войск РХБ защиты, должны всегда быть готовы к новым вызовам, чтобы в полной мере обеспечить безопасность Российской Федерации.

¹⁰ В фундаментальном американском руководстве по химическим и биологическим поражающим агентам, подготовленном в 2008 г. Ханком Эллисоном (D. Hank Ellison) [37], приводятся сведения о структуре и физико-химических свойствах 11 соединений, входящих в группу «Novichok agents» (с. 37–42), и о 51 прекурсор (с. 71–93) для их синтеза. Все эти соединения имеют уникальный идентификатор CAS, который присваивается Химической реферативной службой (Chemical Abstracts Service, CAS) – подразделением Американского химического общества (American Chemical Society; <https://www.cas.org/>), которое издает с 1907 г. реферативный журнал «Chemical Abstracts». Это уникальный численный идентификатор химических соединений, полимеров, биологических последовательностей нуклеотидов или аминокислот, смесей и сплавов, внесенных в реестр CAS. Используется для однозначной идентификации химического соединения. Кроме индекса, каждое вещество также получает уникальное название, как правило, сконструированное по жестким правилам номенклатуры Химической реферативной службы. Таким образом, американскими учеными еще за десять лет до провокации в Солсбери была проведена огромная работа по изучению химических соединений, входящих в группу «Novichok agents», а также прекурсоров, используемых для их синтеза. Поэтому приведенные авторами сведения о патентах по соединениям данной группы представляют собой «верхушку айсберга» исследований по новым ФОВ, проводимых на Западе (**Примечание редакции**).

Информация о конфликте интересов

Авторы заявляют, что исследования проводились при отсутствии любых коммерческих или финансовых отношений, которые могли бы быть истолкованы как потенциальный конфликт интересов.

Сведения о рецензировании

Статья прошла открытое рецензирование двумя рецензентами, специалистами в данной области. Рецензии находятся в редакции журнала.

Список источников

1. Schrader G. Die Entwicklung Neuer Insektizider Phosphorsäure-Ester. Weinheim/Bergstr. 1963.
2. Saunders B.C. Some aspects of the chemistry and toxic action of organic compounds containing phosphorous and fluorine. Cambridge: Cambridge Univer. Press, 1957.
3. Patent DE № 767153 (1951).
4. Franke S. Lehrbuch der Militärchemie. Band 1. Deutscher Militärverlag, Berlin, 1967.
5. Combined Intelligence Objectives Sub-Committee (CIOS), Report, Item No. 80, 'A New Group of War Gases', 23 April 1945.
6. Александров В.Н. Отравляющие вещества. М., 1990.
7. Gupta R.C. Handbook of Toxicology of Chemical Warfare Agents. London, 2009.
8. Gulseher S.S., Yanzi Z., Lee L.-H. et al. Mechanism of soman inhibited acetylcholinesterase // J. Phys. Chem. 2012. V. 116. P. 12200.
9. Антонов Н.С. Химическое оружие на рубеже двух столетий. М., 1994.
10. Jacobsen A. Operation Paperclip: The Secret Intelligence Program That Brought Nazi Scientists to America (review). London: Little, Brown & Company, 2014.
11. Ghosh R., Newman J.E. A new group of organophosphorus pesticides // Chemistry Industry. 1955. V. 118.
12. Hoenig S.L. Compendium of chemical warfare agents. New York: Springer Science, 2007.
13. Hystorical Survey of the Porton Down Volunteer Programme, London: Ministry of Defence (unpublished manuscript), 2006.
14. MI, Folder 2C, Exhibit MBC/5/A, Air Ministry Orders Re: Porton Down «Volunteers for Physiological Experiments», 12 February 1953. P. 506.
15. Gupta R.C. Handbook of toxicology of chemical warfare agents. London, 2015.
16. MI, Folder 2A, Exhibit MNJ/20/1, MoS, «Report of a Court of Inquiry into Death of Maddison», May 1953. P. 84–142.
17. Schmidt U. Secret science. A century of poison warfare and human experiments. New York, 2015.

18. Супотницкий М.В., Шило Н.И., Ковтун В.А. Химическое оружие в ирано-иракской войне 1980–1988 годов. 1. Подготовка Ирака к химической войне // Вестник войск РХБ защиты. 2019. Т. 3. № 1. С. 40–64.
19. Halamek E. Potenciální Bojové Chemické Látke // Chem. Listy, 2011. V. 105. P. 323–333.
20. Hoenig S.L. Compendium of chemical warfare agents. New York, 2007.
21. Головки А.И., Головки С.И., Зефиоров С.Ю. и др. Токсикология ГАМК-литиков. СПб., 1996.
22. Ковтун В.А., Колесников Д.П., Супотницкий М.В., Шило Н.И. Сирийская «химическая война» // Вестник войск РХБ защиты. 2018. Т. 2. № 3. С. 7–39.
23. Mirzayanov V.S. State Secrets. An insider's chronicle of the Russian chemical weapons program. Denver, 2009.
24. Muller A.J., Aaron H.S. A mechanistic study of the reaction of phosphonite esters with ethyl and methyl N-chloroacetimide // Phosphor and sulphur. 1985. V. 25. P. 339–344.
25. Patent US № 4176181 (1979).
26. Patent US № 4237124 (1980).
27. Patent US № 4172131 (1979).
28. Patent DE № 2701309 (1978).
29. Patent DE № 2800086 (1978).
30. Patent DE № 2805454 (1978).
31. Patent DE № 2829357 (1979).
32. Patent DE № 2829826 (1979).
33. Patent GB № 1590078 (1981).
34. Patent US № 4115561 (1978).
35. Patent GB № 2123832 (1984).
36. Patent US № 3758685 (1973).
37. Ellison D. Hank. Handbook of Chemical and Biological Warfare Agents (Second ed.), CRC Press, 2008 (<http://bookfi.net/book/572525>).

Об авторах

Федеральное государственное бюджетное учреждение «33 Центральный научно-исследовательский испытательный институт» Министерства обороны Российской Федерации, 412918, Российская Федерация, Саратовская обл., г. Вольск-18, ул. Краснознаменная, д. 1.

Нельга Игорь Аликович. Начальник управления, канд. хим. наук.

Медвецкий Игорь Викторович. Начальник отдела, канд. хим. наук.

Злобин Александр Владимирович. Заместитель начальника отдела, канд. хим. наук.

Третьяков Сергей Вадимович. Старший научный сотрудник, канд. хим. наук.

Шерстюк Артем Валерьевич. Старший научный сотрудник.

Костюченко Игорь Валерьевич. Научный сотрудник.

Контактная информация для всех авторов: 33cnii-fes@mil.ru

Контактное лицо: Шерстюк Артем Валерьевич; 33cnii-fes@mil.ru

Chemical Weapons: History of the Study of Organophosphorus Toxic Agents Abroad

I.A. Nelga, I.V. Medvetsky, A.V. Zlobin, S.V. Tretyakov,

A.V. Sherstyuk, I.V. Kostyuchenko

Federal State Budgetary Establishment «33 Central Scientific Research Test Institute» of the Ministry of Defence of the Russian Federation, Krasnoznamennaya Street 1, Volsk-18, Saratov Region 412918, Russian Federation

Organophosphorus compounds occupy a unique position among all chemical warfare agents (CWA's). Since the 1930-s their high toxicity, wide range of physical-chemical properties and complex action attracted close attention of foreign military experts. In 1936 a German chemist, Dr. Gerhard Schrader, synthesized O-ethyl-dimethyl amidocyanophosphate, known as tabun, for the first time. By the beginning of World War II, more than two thousand new organophosphorus and phosphorus containing compounds were synthesized by his laboratory's staff. Some of these compounds were selected for further study as CW agents and subsequently were adopted as weapons by the German army. In 1938 the same Gerhard Schrader have synthesized the organophosphorus compound, closed to tabun, but more toxic: O-isopropyl methyl fluorophosphate, called sarin. In 1944 the German chemist, the 1938 Nobel laureate in chemistry Richard Kuhn synthesized soman and revealed the damaging effect of organophosphorus CWA's. In 1941 the British chemist Bernard Saunders synthesized diisopropyl fluorophosphate. During World War II the industrial production of organophosphorus CWA's was organized in Germany, Great Britain and in the USA. Germany produced tabun, sarin and soman, the western allies: diisopropyl fluorophosphate. Till the end of World War II the leadership in the sphere of the development of nerve agents belonged to Nazi Germany. After the end of the war the German scientists, many of whom were devoted Nazis, continued their work under the auspices of military departments of the USA and Great Britain. Subsequently phosphorylated thiocholine esters: V-series substances (VG, VM, VR, VX, EA 3148, EA3317 agents etc.) were synthesized with their participation. The wide range of organophosphorus compounds was tested on volunteers in Porton Down (Great Britain) and in the Edgewood arsenal (USA). But after the synthesis of V-series agents the work on organophosphorus CWA's did not stop. In recent years there appeared the tendency of the transformation of real threats connected with the chemical weapons use, to propaganda sphere. The provocation which the «Novichok» agent, arranged primitively by the British intelligence, is the perfect example of such a transformation. But it does not mean that the research in the sphere of new organophosphorus CWA's in the West is stopped.

Keywords: bicyclic phosphates; GV-series substances; G-series substances; V-series substances; «A-234» substance; nerve agents; Porton Down; phosphorylated thiocholine esters; organophosphorus agent; chemical weapons; Edgewood arsenal; experiments on volunteers.

For citation: Nelga I.A., Medvetsky I.V., Zlobin A.V., Tretyakov S.V., Sherstyuk A.V., Kostyuchenko I.V. Chemical Weapons: History of the Study of Organophosphorus Toxic Agents Abroad // *Journal of NBC Protection Corps*. 2019. V. 3. № 2. P. 175–193.

Conflict of interest statement

The authors declare that the research was conducted in the absence of any commercial or financial relationship that could be construed as a potential conflict of interest.

Peer review information

The article has been peer reviewed by two experts in the respective field. Peer reviews are available from the Editorial Board.

References

1. Schrader G. Die Entwicklung Neuer Insektizider Phosphorsäure-Ester. Weinheim/Bergstr: 1963.
2. Saunders B.C. Some aspects of the chemistry and toxic action of organic compounds containing phosphorous and fluorine. Cambridge: Cambridge Univer. Press, 1957.
3. Patent DE № 767153 (1951).
4. Franke S. Lehrbuch der Militärchemie. Band 1. Deutscher Militärverlag. Berlin, 1967.
5. Combined Intelligence Objectives Sub-Committee (CIOS), Report, Item No. 80, 'A New Group of War Gases', 23 April 1945.
6. Aleksandrov V.N., Emelyanov V.I. Chemical warfare agents. M., Voenisdat, 1990. 271 p. (In Russian).
7. Gupta R.C. Handbook of Toxicology of Chemical Warfare Agents. London, 2009.
8. Gulseher S.S., Yanzi Z., Lee L.-H. et al. Mechanism of soman inhibited acetylcholinesterase // J. Phys. Chem. 2012. V. 116. P. 12200.
9. Antonov N.S. Chemical Weapons at the Turn of Two Centuries. Moscow, 1994 (in Russian).
10. Jacobsen A. Operation Paperclip: The Secret Intelligence Program That Brought Nazi Scientists to America (Review). London: Little, Brown & Company, 2014.
11. Ghosh R., Newman J.E. A new group of organophosphorus pesticides // Chemistry Industry. 1955. V. 118.
12. Hoenig S.L. Compendium of chemical warfare agents. New York: Springer Science, 2007.
13. Hystorycal Survey of the Porton Down Volunteer Programme, London: Ministry of Defence (unpublished manuscript), 2006.
14. MI, Folder 2C, Exhibit MBC/5/A, Air Ministry Orders Re: Porton Down «Volunteers for Physiological Experiments», 12 February 1953. P. 506.
15. Gupta R.C. Handbook of toxicology of chemical warfare agents. London, 2015.
16. MI, Folder 2A, Exhibit MNJ/20/1, MoS, «Report of a Court of Inquiry into Death of Maddison», May 1953. P. 84–142.
17. Schmidt U. Secret science. A century of poison warfare and human experiments. New York, 2015.
18. Supotnitskiy M.V., Shilo N.I., Kovtun V.A. Chemical Weapons in the Iran-Iraq War (1980–1988). 1. Iraq Preparing for Chemical War // Journal of NBC Protection Corps. 2019. V. 3. № 1. P. 40–64 (in Russian).
19. Halamek E. Potenciální Bojové Chemické Látky // Chem. Listy, 2011. V. 105. P. 323–333.
20. Hoenig S.L. Compendium of chemical warfare agents. New York, 2007.
21. Golovko A.I., Golovko S.I., Zefirov S.Yu. et al. Toxicology of GABA-lytic. SPb.: 1996 (in Russian).
22. Kovtun V.A., Kolesnikov D.P., Supotnitskiy M.V., Shilo N.I. Syrian «Chemical War» // Journal of NBC Protection Corps. 2018. № 3. V. 2. P. 7–39 (in Russian).
23. Mirzayanov V.S. State Secrets. An insider's chronicle of the Russian chemical weapons program. Denver, 2009.
24. Muller A.J., Aaron H.S. A mechanistic study of the reaction of phosphonite esters with ethyl and methyl N-chloroacetimide // Phosphor and sulphur. 1985. V. 25. P. 339–344.
25. Patent US № 4176181 (1979).
26. Patent US № 4237124 (1980).
27. Patent US № 4172131 (1979).
28. Patent DE № 2701309 (1978).
29. Patent DE № 2800086 (1978).
30. Patent DE № 2805454 (1978).
31. Patent DE № 2829357 (1979).
32. Patent DE № 2829826 (1979).
33. Patent GB № 1590078 (1981).
34. Patent US № 4115561 (1978).
35. Patent GB № 2123832 (1984).
36. Patent US № 3758685 (1973).
37. Ellison D. Hank. Handbook of Chemical and Biological Warfare Agents (Second ed.), CRC Press, 2008 (<http://bookfi.net/book/572525>).

Authors

Federal State Budgetary Establishment «33 Central Scientific Research Test Institute» of the Ministry of Defence of the Russian Federation. Krasnoznamennaya Street 1, Volsk-18, Saratov Region 412918, Russian Federation.

Igor Alikovich Nelga. Head of Department, Candidate of Chemical Sciences.

Igor Viktorovich Medvetsky. Head of Department, Candidate of Chemical Sciences.

Alexander Vladimirovich Zlobin. Deputy Head of Department, Candidate of Chemical Sciences.

Sergey Vadimovich Tretyakov. Senior Researcher, Candidate of Chemical Sciences.

Artem Valerievich Sherstyuk. Senior Researcher.

Igor Valerievich Kostyuchenko. Researcher.

Contact information for all authors: 33cnii-fes@mil.ru
Contact person: Sherstyuk Artem Valerievich; 33cnii-fes@mil.ru