

# NOWICZOK(I) I SUBSTANCJE A

## NOVICHOK AGENTS AND A SUBSTANCES

**Marcin Kloske**

*Wojskowa Akademia Techniczna, 00-908 Warszawa  
ul. W. Urbanowicza 2  
e-mail: mkloske@gmail.com*

---

Abstract

Wstęp

1. Broń masowego rażenia
2. Broń chemiczna
3. Bojowe zastosowanie broni chemicznej
4. Bojowe środki trujące
5. Fosforoorganiczne bojowe środki trujące (FOST) klasyczne
6. Toksyczność FOST
7. Zbrojenia niekonwencjonalne w ZSRS i Rosji a rozbrojenie chemiczne
  - 7.1. Bojowe środki trujące IV generacji
  - 7.2. Program Foliant
  - 7.3. Otrzymywanie Nowiczoków (substancji A)
  - 7.4. Struktura i właściwości Nowiczoków
  - 7.5. Działanie toksyczne Nowiczoka
  - 7.6. Aspekty prawne dotyczące Nowiczoka
  - 7.7. Wykrywanie fosforoorganicznych bojowych środków trujących
  - 7.8. Likwidacja skażeń FOST

Podsumowanie

Piśmiennictwo cytowane

---

---



**Dr inż. Marcin Kloske** urodził się w 1971 roku. Studiował chemię na Wydziale Inżynierii, Chemii i Fizyki Technicznej w Wojskowej Akademii Technicznej w Warszawie. Stopień naukowy doktora uzyskał w 2003 roku, a tematem jego rozprawy doktorskiej było badanie właściwości adsorpcyjnych uporządkowanych nanoporowatych materiałów krzemionkowych. Jego główne zainteresowania naukowe skupiają się na projektowaniu i otrzymywaniu nowych rodzajów adsorbentów, ze szczególnym uwzględnieniem mikro- i mezoporowatych adsorbentów węglowych i krzemionkowych. Jest podpułkownikiem Wojska Polskiego w korpusie osobowym wojsk chemicznych. Jest autorem i współautorem ok. 20 artykułów naukowych.

---

**ABSTRACT**

When we hear the slogan 'chemical weapons', we are usually reminded of a photograph of marching geese, like the blind Ententa soldiers who were darkened after the Ypres chemical attack in Breugel's painting. After the end of World War I, the unconventional arms race began and it was not certain that it had ended with the collapse of the Union of Soviet Socialist Republics (USSR) and the subsequent signing of the Chemical Weapons Convention (CWC) in 1993. Today, we know that Russia's introduction of the CWC into its legal system has in no way disrupted the development of a new, fourth generation of chemical warfare agents (FGA or NTA - Non-Traditional Agents), culminating in the development of Group A substances, the popular media substances known as Novichok. The range of confirmed and openly available data is not large and the rest of the information is a compilation of various, sometimes contradictory, information. The article is an attempt to organize an open resource of knowledge and bring Novichok closer to a wider audience.

Keywords: Novichok, A-class chemical warfare agents, chemical warfare, organo-phosphorus chemical warfare agents

Słowa kluczowe: Nowiczok, substancje grupy A, broń chemiczna, fosforoorganiczne bojowe środki trujące

---

---

## WSTĘP

Kiedy słyszymy hasło „broń chemiczna”, zazwyczaj przypomina się nam zdjęcie maszerujących gęśiego, niczym ślepcy z obrazu Breugla ociemniałych żołnierzy Ententy po ataku chemicznym pod Ypres. Po zakończeniu I wojny światowej wyścig zbrojeń niekonwencjonalnych rozpoczął się i nie było pewności, że zakończył się wraz z rozpadem Związku Socjalistycznych Republik Sowieckich (ZSRS) i późniejszym podpisaniem Konwencji o Zakazie Broni Chemicznej w 1993 roku. Dzisiaj wiemy, że wprowadzenie przez Rosję Konwencji o Zakazie Broni Chemicznej do jej systemu prawnego, w żaden sposób nie zakłóciło prac nad nową, czwartą generacją bojowych środków chemicznych (ang. *Fourth Generation Agents* – FGA; bądź NTA - ang. *Non-Traditional Agents*), a jej zwieńczeniem było opracowanie substancji grupy A, czyli popularnych w mediach substancji określanych nazwą Nowiczok. Zakres potwierdzonych i dostępnych w sposób jawny i otwarty danych nie jest wielki, a cała reszta informacji to kompilacja różnych niekiedy wzajemnie wykluczających się informacji. Artykuł stanowi próbę uporządkowania jawnego zasobu wiedzy i przybliżenia Nowiczoka szerszemu kręgowi odbiorców, po tym jak na naszych oczach, zamach na Siergieja Skripała rzucił nowe światło, na broń masowego rażenia w XXI wieku, międzynarodowe porozumienia rozbrojeniowe i na skuteczność ich mechanizmów kontroli, w tym wypadku Konwencji o Zakazie Broni Chemicznej [1]. Nie ulega wątpliwości, że prawdziwym bohaterem został Nowiczok, który jest tajemniczą substancją chemiczną. Tylko niewielki krąg zainteresowanych pasjonatów chemii i wojskowych specjalistów z korpusu osobowego obrony przed bronią masowego rażenia potrafiło dokonać selekcji i odróżnić informacje od zwykłego szumu medialnego. Na wstępie należy dodać, że Nowiczok to nie jedna substancja chemiczna, ale cała rodzina związków chemicznych [2]. Niestety zakres dostępnej wiedzy jest ograniczony odpowiednimi przepisami o ochronie informacji niejawnych, które skutecznie chronią powyższe kwestie zarówno w Rosji, USA jak i w innych państwach. Niemniej jednak wytrwałe poszukiwanie wiedzy zawsze da rezultat, nawet bez zagładania za drzwiami niezliczonych kancelarii tajnych.

Nowiczoki to substancje chemiczne przeznaczone do zastosowania, jako bojowe środki trujące [3–6], które wraz ze środkami przenoszenia na obiekt ataku stanowią broń chemiczną [7]. Ta broń wraz ze bronią jądrową, radiologiczną i biologiczną jest nazywana bronią masowego rażenia (BMR). Ta definicja posłuży za początek rozważań na temat zagrożenia dla ludzkości ze strony broni masowego rażenia w ogóle, a w szczególności bojowymi środkami trującymi (BST) – konkretnie całej rodziny substancji nazywanych Nowiczokami, a które w nomenklaturze wojskowej określa się nazwą kodową – substancje A [5, 6].

## 1. BROŃ MASOWEGO RAŻENIA

Terminem broń masowego rażenia (ang. *Weapons of Mass Destruction*, WMD) określa się niekonwencjonalne środki bojowe o potencjalnej sile rażenia umożliwiającej spowodowanie masowych zgonów i zniszczeń w zaatakowanej populacji i / lub na atakowanym obszarze. Broń masowego rażenia wykazuje również destrukcyjne oddziaływanie na środowisko naturalne, w którym jest umiejscowiony przeciwnik i jego środki do prowadzenia walki zbrojnej. Broń masowego rażenia, ze szczególnym uwzględnieniem broni jądrowej, która nie jest tematem niniejszego artykułu, to współcześnie najgroźniejszy ze środków do prowadzenia walki zbrojnej. Broń ta może być użyta przez siły zbrojne państw nią dysponujących, a także, co budzi szczególnie niepokój społeczności międzynarodowej, przez podmioty pozapaństwowe, w tym ponadpaństwowe organizacje terrorystyczne. Proliferacja (rozprzestrzenianie) broni masowego rażenia jest obecnie jednym z największych zagrożeń dla bezpieczeństwa międzynarodowego.

Nazwa broń masowego rażenia wskazuje, że może ona być przyczyną zniszczeń na wielką skalę, znacznie większą niż w przypadku ataków konwencjonalnych. W szczególności uwaga ta dotyczy broni atomowej (w wąskim rozumieniu, tzn. wykorzystującej energię reakcji rozpadu lub syntezy jądrowej), prowadzącej, oprócz długotrwałych następstw w postaci skażenia radioaktywnego, do natychmiastowych i masowych zniszczeń. Również wykorzystanie pozostałych rodzajów BMR, a przynajmniej niektórych ze środków do nich zaliczanych, przy odpowiednim przeprowadzeniu ataku i optymalnych warunkach zewnętrznych (np. pogodowych) mogłoby oznaczać tysiące ofiar śmiertelnych oraz, podobnie jak w przypadku broni jądrowej, skażenie zaatakowanego terytorium. Jeden z rodzajów broni masowego rażenia, a konkretnie broń chemiczna będzie przedmiotem dalszych rozważań.

## 2. BROŃ CHEMICZNA

Broń chemiczna nie jest nowym rodzajem broni, gdyż używana jest od początków istnienia ludzkości. Pierwsze historyczne dane dotyczące użycia substancji chemicznych na polu walki pochodzą sprzed ponad 4000 lat. Wówczas na wojnach toczących się w starożytnych Indiach używano toksycznych dymów powodujących senność, które możemy zakwalifikować do pierwszych na świecie środków oddziałujących na psychikę ówczesnych uczestników walki [6].

Rozwój i użycie broni chemicznej, na największą skalę, miało miejsce podczas I Wojny Światowej. Tę wojnę uważa się za czas, w którym w arsenałach szeregu państw pojawiła się broń masowego rażenia, w jej współczesnym, zgodnym z przyjętą uprzednio definicją, rozumieniu. Zgodnie, z tym, w ujęciu szczegółowym, termin broń chemiczna oznacza niżej wymienione, występujące razem lub oddzielnie [1, 4, 5]:

1. toksyczne związki chemiczne określane jako bojowe środki trujące i ich prekursorzy;
2. amunicję i urządzenia specjalnie zaprojektowane dla spowodowania śmierci lub innej szkody poprzez toksyczne właściwości związków chemicznych – BST uwalnianych w rezultacie zastosowania takiej amunicji i urządzeń;
3. wszelki sprzęt specjalnie zaprojektowany do użycia w bezpośrednim związku z zastosowaniem amunicji i urządzeń określonych powyżej.

Dla uproszczenia można założyć, że broń chemiczna to substancja chemiczna i środek służący do jej dostarczenia do celu. Z tym wiąże się kryterium ogólne służące klasyfikacji amunicji chemicznej. Jeżeli amunicja przenosi do celu bojowy środek trujący to mówimy o amunicji unitarnej. W przypadku wypełnienia amunicji prekursorami bojowego środka trującego, z których jest on syntezowany w wyniku reakcji chemicznej, podczas pokonywania drogi do celu, mówimy o amunicji binarnej. Amunicja binarna w dużym uproszczeniu składa się z pojemnika podzielonego na dwie części, w których umieszczone są mało toksyczne substancje chemiczne będące substratami (prekursorami) bojowych środków trujących. Proces syntezy BST w binarnej amunicji chemicznej trwa w trakcie dostarczania jej do celu. W celu wymieszania substratów w pojemniku mogą być zainstalowane np. miesządko poruszane silnikiem elektrycznym, które ułatwiają przereagowanie prekursorów. Tego typu amunicja ma postać pocisków artyleryjskich, głowic raketowych, bomb lotniczych, itp. Od 1969 do początku lat dziewięćdziesiątych tego typu amunicja elaborowana FOST (sarinem, VX) znajdowała się także w wyposażeniu armii Stanów Zjednoczonych Ameryki Północnej i innych adwersarzy po stronie wolnych narodów. Prekursory BST są z reguły znacznie mniej niebezpieczne niż same bojowe środki trujące i zwykle trwalsze. Dlatego zastosowanie tego typu technologii znacznie ułatwia posługiwanie się amunicją chemiczną i umożliwia wydłużenie okresu ich przydatności do bojowego zastosowania. Istnieje jednak istotna niedogodność podczas stosowania amunicji binarnej, polegająca na tym, że niewłaściwe dobranie technologii może powodować otrzymanie BST o nie do końca pożądanym właściwościach fizykochemicznych [6].

Amunicję chemiczną i przyrządy do wytwarzania w środowisku pola walki postaci użytkowej bojowych środków trujących, z wojskowego punktu widzenia, klasyfikuje się według różnych kryteriów. Najczęściej do kryteriów tych należą: krotkość użycia, sposób dyspersji bojowego środka trującego, rodzaj środka przenoszenia BST do celu, czy zasada działania. I tak, ze względu na krotkość użycia wyróżniamy amunicję chemiczną jednokrotnego użycia (bomby, głowice raket, pociski artyleryjskie i fugasy) i wielokrotnego użycia (generatory aerozoli i przyrządy wylewcze). Ze względu na sposób dyspersji BST wyróżnia się amunicję i przyrządy wywarzające parę, aerozol lub krople środka trującego, a ze względu na zasadę działania – na środki przenoszenia broni chemicznej do celu odpowiednio: wybuchowe i nie wybuchowe.

Według poglądów wojskowych broń chemiczna jest przeznaczona do rażenia wojsk, utrudnienia wykorzystania terenu, uzbrojenia i sprzętu bojowego oraz technicznych środków materiałowych służących do prowadzenia walki zbrojnej.

### 3. BOJOWE ZASTOSOWANIE BRONI CHEMICZNEJ

W Wojsku Polskim przygotowanie do przetrwania ataku BMR, określa się jako realizację przedsięwzięć obrony przed bronią masowego rażenia. I opiera się ono na wiedzy na temat zasad jej użycia. Broń chemiczna według poglądów specjalistów zajmujących się obroną przed bronią masowego rażenia może zostać użyta kilkoma sposobami. Tak więc broń chemiczna, a w szczególności bojowe środki trujące służące do eliminacji siły żywej przeciwnika są projektowane w taki sposób żeby [8]:

- a) ulegały technologicznie łatwemu do realizacji rozproszeniu w dawkach toksycznych na terenie zajęтым przez przeciwnika;
- b) utrzymywały się przez czas wystarczająco długi dla skutecznego porażenia celów;
- c) powodowały śmierć lub obezwładnienie celów;
- d) były podatne na znajdujące się w wyposażeniu sił zbrojnych dysponenta broni chemicznej (czyli strony stosującej tę broń) środki do likwidacji skażeń w celu usuwania zagrożenia dla wojsk (i ludności cywilnej) po opanowaniu obszaru stosowania.

Użycie broni chemicznej jest możliwe według kilku metod (schematów) postępowania, które wymagają odmiennego przygotowania bojowych środków trujących przez dysponenta broni chemicznej, a są one następujące:

1. Strategiczne albo obszarowe zastosowanie broni chemicznej podczas którego:
  - a) Strona atakująca przygotowuje uzbrojenie zdolne do przenoszenia jej na znaczne odległości od własnych sił żywych, bezpośrednio w głąb terenu zajętego przez przeciwnika (na głębokie zaplecze obszaru prowadzenia walki zbrojnej przez wojska znajdujące się w styczności). W tym celu bojowe środki trujące są przenoszone przez: głowice rakiet, pociski artyleryjskie lub bomby lotnicze. Zwykle celem ataku jest spowodowanie chaosu na terytorium przeciwnika, więc gęstość rozproszenia trucizn jest minimalna. Zadaniem jest sprowadzenie na nieprzygotowaną ludność przeciwnika zagrożenia, które przyczyni się do powstania paniki i dezorganizacji rytmu życia państwa oraz zaangażowanie znaczących sił i środków do usuwania skutków jej zastosowania.
  - b) Strona broniąca się w sposób klasyczny umacnia swoje linie obrony zaporami złożonymi ze środków minersko-zaporowych, z których część jest przygotowana do rozpylenia znacznej ilości bojowych środków trujących. Celem zastosowania tego rodzaju tzw. zapór inżynierii

ryjno-chemicznych jest obezwładnienie całych związków taktycznych przeciwnika. Strona pozostająca w defensywie oczekuje, że napastnik jest przygotowany do realizacji zadań w warunkach zagrożenia i po wystąpieniu skażeń. Dlatego uprzednio zgromadzona i przygotowana do bojowego użycia ilość i rodzaj BST musi zapewnić przełamanie środków ochronnych zastosowanych przez prowadzącego natarcie. Z tego powodu przygotowuje się wyłącznie substancje silnie toksyczne, o dużej trwałości w środowisku i odporne na środki służące do ich neutralizacji.

2. Taktyczne zastosowanie broni chemicznej, podobnie jak w przypadku strategicznego, wymaga przeniesienia ładunków wypełnionych bojowymi środkami trującymi na znaczną odległość od własnych wojsk. Mniejsze obszary mogą być skutecznie atakowane przez zwykłe (proste i nieskomplikowane) samoloty wyposażone w instalacje do rozpylania pestycydów. Jednak w tym przypadku aplikowane bojowe środki trujące powinny spowodować maksymalną liczbę zgonów w szeregach przygotowanego przeciwnika (tzw. strat bezpowrotnych) oraz ulegać szybkiej neutralizacji w środowisku pola walki. Jest to wymaganie związane z koniecznością szybkiego opanowania (zajęcia) terenu przeciwnika – przez wojska dysponenta broni chemicznej, niemalże natychmiast po wyeliminowaniu siły żywej przeciwnika, wobec której ją zastosowano.
3. Użycie broni chemicznej w pomieszczeniach to niezwykle haniebny, niegodny moralnie i pozbawiony wszelkiego humanitaryzmu sposób jej zastosowania. W przeszłości posłużono się nim w celu eksterminacji znacznych grup ludności, przede wszystkim na terenie Europy w czasie II Wojny Światowej. Zastosowano wówczas trucizny o dużej skuteczności, łatwo rozpylane i szybko neutralizowane m.in. wskutek reakcji z wodą. Zapewniało to możliwość ograniczenia narażenia obsługi komór gazowych na działanie stężeń resztkowych bojowych środków trujących. Użycie bojowych środków trujących w pomieszczeniach, do celów terrorystycznych, jest stosowane przy oczekiwaniu skutków w postaci maksymalnie dużej liczby ofiar ataku, przy jednoczesnym użyciu minimalnych ilości BST. W tym przypadku dokonuje się wyboru środka trującego, który powinien uniemożliwiać lub poważnie dezorganizować prowadzenie akcji ratunkowej wobec porażonych i rannych np. w rezultacie jednoczesnego zastosowania klasycznych materiałów wybuchowych. Z powyższego wynika, że zastosowane będą wówczas substancje chemiczne o największej trwałości.

#### 4. BOJOWE ŚRODKI TRUJĄCE

Podstawowym składnikiem broni chemicznej są bojowe środki trujące, czyli toksyczne związki chemiczne, które ze względu na swoje właściwości fizyczne i che-



miczne nadają się do militarnego wykorzystania. Dysponent broni chemicznej oczekuje, że umożliwią one eliminację siły żywej przeciwnika poprzez spowodowanie zgonu lub trwałego okaleczenia wyłączającego z walki.

Przy rozważaniach dotyczących możliwości zastosowania konkretnej substancji chemicznej, jako składnika broni chemicznej należy rozważyć szereg właściwości fizykochemicznych, które pozwolą na spełnienie wymagań stawianych tego typu substancjom chemicznym. Właściwości te powinny też spełniać szereg wymagań taktyczno-technicznych. Należy do nich wysoka toksyczność, szybkie albo utajone działanie, brak cech organoleptycznych, łatwa przenikalność przez materiały stosowane w środkach ochrony, odporność na wpływ czynników atmosferycznych i chemicznych środków odkażających. Takie substancje chemiczne powinny być odporne na detonację, podwyższoną temperaturę, długotrwałe magazynowanie i powinny być trudno wykrywalne [4–7].

Bojowe środki trujące – opisane zarówno w międzynarodowych porozumieniach rozbrojeniowych jak i w specjalistycznej literaturze przedmiotu, z zastrzeżeniem dotyczącym poznanych dotychczas – charakteryzują się śmiertelnym lub co najmniej wysoce szkodliwym działaniem na ludzi, zwierzęta i / lub uprawy roślin. Stanowią one jak wspomniano uprzednio podstawowy składnik broni chemicznej. Celem wojskowym zastosowania BST jest skażenie: atmosfery i / lub terenu, techniki bojowej, obiektów przemysłowych, szlaków komunikacyjnych, budynków, upraw itp. Daje to możliwość ograniczenia swobody ruchów przeciwnika w terenie i wymuszonego wykorzystania określonych obszarów (rejonów) do realizacji zadań w czasie walki zbrojnej. BST są najczęściej cieciami i ciałami stałymi, rzadziej gazami, a w stanie bojowym występują w postaci par i aerozoli. Pary ciekłych środków trujących są na ogół cięższe od powietrza. Prężność par, lotność, temperatury wrzenia i krzepnięcia BST są bardzo zróżnicowane. Większość środków trujących dobrze rozpuszcza się w tłuszczach (olejach, smarach) oraz w rozpuszczalnikach organicznych (alkoholach, dichloroetanem, benzenie). W wodzie rozpuszczają się słabo z kilkoma wyjątkami (m.in.: sarin, cyjanowodor, fluorooctany). Pod względem chemicznym prawie wszystkie BST są związkami organicznymi, z nielicznymi wyjątkami [6].

BST należą do różnych klas związków chemicznych, z czego wynika ich zróżnicowana reaktywność chemiczna. Przeważnie są to substancje mało reaktywne, odporne na hydrolizę i powoli reagujące z substancjami do likwidacji skażeń – potocznie, lecz niezgodnie z współczesną nomenklaturą wojskową, nazywanymi odkażalnikami. Właściwości chemiczne środków trujących decydują o sposobach ich bojowego zastosowania na polu walki, wykrywania, odkażania, a także wpływają na mechanizm ich toksycznego działania.

Z powyższych rozważań wynika, że nie wszystkie trucizny mogą być wykorzystane jako BST. Zatrucie żywego organizmu następuje po wnikięciu środka trującego do jego wnętrza. Drogami wnikania (tzw. wrotami skażenia) mogą być: układ oddechowy, skóra, błony śluzowe, przewód pokarmowy i otwarte rany.

Właściwości toksyczne związków chemicznych są związane z budową ich cząsteczek, a w szczególności z występowaniem określonych, aktywnych grup funkcyjnych, tzw. ugrupowań toksoforowych. W wyniku reakcji chemicznej zachodzącej pomiędzy związkami budującymi żywy organizm, a środkami trującymi, dochodzi do powstawania zaburzeń niektórych procesów biochemicznych, na zewnątrz objawiających się, jako obraz zatrucia.

O skuteczności działania środka trującego decyduje dawka. Znane są różne dawki.  $LD_{50}$  (ang. *Lethal Dose*, LD; łac. *Dosis Letalis*, DL), jest średnią dawką śmiertelną, powodującą zgon 50% zatrutych.  $ID_{50}$  (ang. *Incapacitating Dose*) – to średnia dawka powodująca niezdolność do walki (zdolność bojową traci 50% porażonych).  $PD_{50}$  (ang. *Primary Dose*) – to średnia dawka progowa (objawy zatrucia pojawiają się u 50% osób znajdujących się w strefie działania środka trującego) [9].

Mechanizm toksycznego działania zależy od rodzaju BST i w wielu przypadkach nie jest dokładnie znany. Objawy zatrucia, jako zewnętrzna reakcja porażonego organizmu, są uzależnione od rodzaju BST i stanowią kryterium ich toksykologicznej klasyfikacji. Według tej klasyfikacji BST dzieli się na [4–8]:

- a) środki działające na układ nerwowy, tzw. paralityczno-drgawkowe, należą do nich związki fosforoorganiczne: sarin, soman, V gazy, substancje A;
- b) środki parzące: iperyt siarkowy, iperyt azotowy, luizyty;
- c) środki ogólnotrujące: cyjanowodór, chlorocyjan;
- d) środki duszące: fosgen, dwufosgen;
- e) środki łzawiące i drażniące: chloroacetofenon, adamsyt;
- f) środki psychotoksyczne;
- g) toksyny.

Podział BST umożliwia określenie środków i sposobów służących do leczenia porażonych, a także ułatwia prace nad sposobami ochrony i obrony przed nimi.

Powyższa klasyfikacja nie jest w wielu przypadkach jednoznaczna, ponieważ niektóre BST charakteryzują się kompleksowym oddziaływaniem toksycznym na organizm człowieka np.: iperyty i luizyty oprócz działania parzącego wykazują działanie ogólnotrujące. Z kolei środki łzawiące i drażniące są nieco mniej trujące i służą do utrudnienia prowadzenia walki zbrojnej lub jedynie chwilowego obezwładnienia przeciwnika. Tak więc środki łzawiące i drażniące powodują szybkie podrażnienie ośrodków czuciowych i powodują uciążliwe efekty fizjologiczne, które zanikają szybko po ustaniu narażenia. W niskich stężeniach powodują silne pieczenie oczu i silne łzawienie. W większych stężeniach powodują podrażnienie skóry i układu oddechowego. Mogą wywoływać nudności i wymioty. Istnieją duże podobieństwa ich działania do środków stosowanych w czasie pokoju, w celu egzekwowania prawa. Środki te drażnią układ oddechowy, powodują łzawienie, pieczenie oczu, gwałtowny kaszel, kichanie, nudności i uczucie ogólnego dyskomfortu. I w tym przypadku, w odniesieniu do zdrowych ludzi objawy narażenia ustępują po kilkudziesięciu minutach, nie pozostawiając trwałych obrażeń.

Z wojskowego punktu widzenia BST klasyfikuje się przyjmując za podstawę ich właściwości bojowe. Ze względu na charakter porażenia siły żywej przeciwnika wyszczególnia się: uśmiercające (letalne) BST, które powodują zatrucie śmiertelne lub wymagające długotrwałego, specjalistycznego leczenia porażonych (sarin, VX, substancje A, fosgen, cyjanowodór); obezwładniające BST, powodujące przejściową niezdolność do walki w okresie kilku godzin do kilku dni (psychotoksyczne BST); nękające BST, które utrudniają przeciwnikowi prowadzenie działań bojowych zmuszając go do użycia środków ochrony przed skażeniami, nie stwarzając praktycznie niebezpieczeństwa zatruć śmiertelnych.

Powyższy podział nie jest precyzyjny, ponieważ charakter porażenia pozostaje w ścisłym związku z wchłoniętą dawką. I tak np. iperyty przy wyższym stężeniu lub wyższej gęstości skażenia mogą powodować porażenie śmiertelne, natomiast niskie stężenia sarinu lub cyjanowodoru mogą powodować jedynie okresowe obezwładnienie siły żywej. Ze względu na czas wystąpienia objawów porażenia BST dzieli się na: szybko działające, których skutek działania występuje natychmiast lub najwyżej po kilku minutach od wchłonięcia BST (sarin, VX, cyjanowodór, drażniące BST); wolnodziałające, których objawy działania występują po tzw. okresie utajonego działania (fosgen, iperyty, niektóre psychotoksyczne BST) [9].

Niezwykle ważną właściwością BST jest czas ich toksycznego działania w terenie. Z tego punktu widzenia wyróżnia się: nietrwałe BST, utrzymujące się w terenie kilka do kilkudziesięciu minut (fosgen, cyjanowodór, sarin w warunkach letnich); trwałe BST, które zachowują działanie rażące przez okres od kilku godzin do kilku tygodni (VX, prawdopodobnie substancje A, soman, iperyty). Czas rażącego działania zależy od warunków meteorologicznych.

W armiach państw NATO bojowe środki trujące dzieli się na następujące grupy:

- I. etatowe – środki trujące produkowane wyłącznie do celów militarnych i wówczas będące w wyposażeniu wojsk (VX, sarin, iperyt siarkowy, adamsyt, chloroacetofenon, CS, BZ i inne);
- II. rezerwowe, czyli środki trujące, które produkuje się na skalę przemysłową do celów niewojskowych np. jako półprodukty w przemyśle chemicznym (fosgen, cyjanowodór, chlorocyjan, niektóre związki arsenu);
- III. warunkowo etatowe, czyli substancje, które produkuje się w niewielkich ilościach ze względu na wysoki koszt produkcji, bądź których produkcja przemysłowa nie jest jeszcze możliwa (niektóre toksyny i środki psychotoksyczne, dywersyjne BST).

Rezerwowe i warunkowo-etatowe BST określa się w terminologii wojskowej jako potencjalne BST.

## 5. FOSFOROORGANICZNE BOJOWE ŚRODKI TRUJĄCE (FOST) KLASYCZNE

To bez wątpienia najbardziej śmiertcionośne bojowe środki trujące spośród substancji chemicznych wytwarzanych na skalę przemysłową. Ich produkcja rozpoczęła się jeszcze podczas II wojny światowej, a sumaryczna masa zapasów w arsenałach przypuszczalnie osiągnęła podczas zimnej wojny około 50 000 ton i była to ilość wystarczająca do wielokrotnego uśmiercenia całej populacji ludzkiej. Fosforoorganiczny ST o nazwie tabun był podczas II Wojny Światowej produkowany przez Anorgana GmbH w Dyhrenfurth, obecnie Rokita w Brzegu Dolnym. Przy jego produkcji, jako więzień, zatrudniony był dr Andrzej Waksmundzki, później profesor, wybitny chemik analityk. Substancje fosforoorganiczne ulegają w środowisku szybkemu rozkładowi, jednak produkty ich hydrolizy również są toksyczne, co wynika z ich przynależności do grupy neurotoksyn, czyli substancji umożliwiających zablokowanie czynności układu nerwowego organizmu żywego. Z powodu objawów zatrucia określa się je mianem substancji (gazów) paraliżujących. Do grupy fosforoorganicznych bojowych środków trujących należy zaliczyć także Nowiczoki, czyli wszystkie substancje o kodowej nazwie A. Pojawiły się one w arsenale Związku Socjalistycznych Republik Sowieckich (ZSRS) około roku 1988 [4-5].

Wśród fosforoorganicznych bojowych środków trujących (tzw. *klasycznych gazów paraliżujących*) wyróżnia się dwie główne grupy: związki G (*G-gazy*) i związki V (*V-gazy*).

Związki V charakteryzują, w stosunku do związków grupy G, wyższe temperatury wrzenia i mniejsza lotność, co powoduje ich większą trwałość w środowisku pola walki. Uznawane są za szczególnie niebezpieczne z powodu toksyczności kontaktowej, jednak gdy występują w postaci gazowej są co najmniej dwa razy silniej trujące niż np. sarin. Z tego wynika, że nawet najmniejsza ilość związku chemicznego z grupy V-gazów w powietrzu jest ekstremalnie niebezpieczna. Nie są one pomimo nazwy gazami – mają postać cieczy w temperaturze otoczenia. Mogą być wchłaniane przez każdą część ciała oraz penetrują zwykłe tkaniny odzieżowe. Ponadto efekt toksyczny podlega kumulacji, więc powtarzająca się ekspozycja na niskie dawki może doprowadzić do zatrucia. Podanie człowiekowi kilku miligramów trucizny z tej grupy może spowodować zgon w czasie kilku minut, a mniejsze dawki są zdolne do częściowego porażenia żywego organizmu, co stanowi zagrożenie dla zdrowia, a w dłuższym czasie nawet dla życia.

Najbardziej znane przypadki ciężkiego rozstroju zdrowia po przyjęciu znikomych dawek trucizn fosforoorganicznych dotyczą, według niektórych niepotwierdzonych (lub budzących wątpliwości) źródeł, tzw. syndromu wojny w Zatoce Perskiej. Syndrom ten obejmuje szereg nieuleczalnych schorzeń neurologicznych oraz nowotworowych, które przypisuje się długotrwałemu narażeniu na małe dawki FOST. Dziesiątki tysięcy weteranów ucierpiało po narażeniu na FOST spowodowanym przypadkowymi emisjami podczas ich unieszkodliwiania i niszczenia podczas wyburzania składów broni chemicznej. Fosforoorganiczne bojowe środki trujące są

znacznie bardziej trujące niż inne bojowe środki trujące, nawet w niskich dawkach, w tym podprogowych, o czym w dalszej części niniejszego artykułu.

## 6. TOKSYCZNOŚĆ FOST

Wszystkie fosforoorganiczne bojowe środki trujące, zarówno typu V jak i G, wywołują taki sam efekt toksyczny. W organizmie żywym enzym acetylocholinoesteraza (AChE) przyłącza się do neuroprzekaźnika – acetylocholino (ACh) i powoduje jego hydrolizę, co pozwala na odblokowanie punktu receptorowego neuronu:



Po intoksykacji cząsteczka gazu paraliżującego przyłącza się do AChE i blokuje jego centrum aktywne, a więc możliwość katalizowania reakcji rozkładu ACh. W efekcie ACh nie ulega hydrolizie, a jej nadmierne nagromadzenie się powoduje nadpobudliwość organów (narządów i tkanek) organizmu, które są stymulowane przez neurony kontrolowane przez acetylocholinę. Ludzie zatruci FOST wykazują następujące objawy: zwężenie źrenic (miozę), katar, ucisk w klatce piersiowej, zaburzenie widzenia, nudności, wymioty, skurcze, ślinotok, potliwość, senność, rozkojarzenie, trudności z oddychaniem, duszność, drżenie, oszołomienie, konwulsje i śpiączka [10].

Cząsteczki FOST po kontakcie z oczami powodują zwężenie źrenic, jako bezpośredni miejscowy objaw narażenia na substancję zdolną do zablokowania AChE we krwi, czyli miozę. Taka reakcja często występuje razem z uciskiem w klatce piersiowej i katarzem. W przypadku braku kontaktu FOST z oczami mioza jest ostatnim przed zgonem objawem narażenia na niego. Narażenie na toksyczne dawki gazów paraliżujących może spowodować gwałtowne wydzielanie śluzu w oskrzelach, łzawienie, wypróżnianie jelit, obfite pocenie się, zwężenie źrenic, skurcz oskrzeli i jelit, częstoskurcz serca, drżenie i skurcze mięśni, osłabienie, paraliż, utratę świadomości, konwulsje, zanik akcji oddechowej i śmierć. Narażenie na FOST wywołuje, w bezpośredniej zależności od wchłoniętej do organizmu dawki, trzy typy reakcji toksycznych w związku z zaburzeniem aktywności acetylocholinoesterazy: muskarynowa, nikotynowa i centralnego układu nerwowego; które można opisać następująco [9]:

1. Reakcja muskarynowa (muskarynowy efekt toksyczny) ma miejsce w układzie nerwowym przywspółczulnym, co powoduje w zależności od wchłoniętej dawki odpowiednio: zapalenie spojówek, zwężenie źrenic, utratę akomodacji oczu, wysięk z nosa, gwałtowne wydzielanie śluzu w oskrzelach, skurcz oskrzeli, utratę apetytu, wymioty, skurcze jelit, pocenie się, biegunkę, ślinotok, bradykardię, spadek ciśnienia krwi.
2. Nikotynowa reakcja zachodzi w układzie nerwowym współczulnym i somatycznym, co powoduje drżenie i paraliż mięśni.

3. Reakcja centralnego układu nerwowego objawia się charakterystycznym stanem *splątania* (amencji), utratą refleksu, stanami lękowymi, zaburzeniami mowy, drażliwością, zapominalstwem, depresją, brakiem rozsądku, zmęczeniem, bezsennością, ustaniem akcji oddechowej i śmiercią.

Narażenie żołnierzy i ogółu populacji, w czasie działań zbrojnych na niskie stężenia substancji fosforoorganicznych może prowadzić do chronicznych chorób neurologicznych, a w szczególności do występowania odłożonych w czasie (opóźnionych) neuropatii. Można je zaobserwować też, w czasie pokoju, jako np.: skutki narażenia na duże dawki lipidofilowych pestycydów stosowanych w agrotechnice.

Nie tylko FOST, ale także pozostałe substancje fosforoorganiczne zostały zidentyfikowane, jako powodujące opóźnione zatrucia neurologiczne, objawiające się w postaci *ataksji* (odruchów mimowolnych), neuropatii (osłabienie motoryki ciała) i paraliżu. Opisano je, jako zespół chorobowy znany pod nazwą późna neuropatia indukowana organofosforanami (ang. *organophosphate-induced delayed neuropathy*, OPIDN). Symptomatologia OPIDN obejmuje zaburzenia ruchowe (niedowłady) i czuciowe (parestezje), zwłaszcza w obrębie kończyn dolnych. Są one związane z postępującymi zmianami zwyrodnieniowymi w nerwach czuciowych i ruchowych wskutek upośledzenia transportu aksonalnego a ich objawy występują po upływie kilku tygodni od zatrucia. Powrót do zdrowia może trwać lata i jest często niepełny.

Dodatkowo odnotowano różnorodne dysfunkcje ośrodkowego układu nerwowego, dla których brak jednolitego wspólnego terminu. Czasem określa się je mianem chronicznej neurotoksyczności po zatruciu pestycydami fosforoorganicznymi (*organophosphorus ester – induced chronic neurotoxicity*, OPICN), która charakteryzuje się występowaniem różnorodnych zaburzeń, zwłaszcza w sferze emocjonalnej (labilność emocjonalna, stany depresyjne, drażliwość) i poznawczej (upośledzenie pamięci, kłopoty z koncentracją uwagi) [11]. Istnieje podobieństwo symptomatologii OPICN do symptomatologii zespołu stresu pourazowego (*posttraumatic stress disorder*, PTSD). Zaburzenia te utrzymują się przez lata, a ich mechanizm pozostaje nieznan, jednakże wydaje się, że OPICN jest następstwem interakcji trucizn fosforoorganicznych z AChE [11].

Do reaktywacji AChE stosowane są: atropina i związki należące do grupy oksymów: chlorek pralidoksymu, chlorek obidoksymu, chlorek azoksymu. Oksymy przywracają funkcjonowanie AChE przez usunięcie grupy fosforylującej serynę w centrum aktywnym enzymu.

## 7. ZBROJENIA NIEKONWENCJONALNE W ZSRS I ROSJI A ROZBROJENIE CHEMICZNE

Początki sowieckich prac nad zastosowaniem trucizn do zwalczania przeciwników politycznych są powiązane z tajnymi służbami. Służby te realizowały projekty określane, jako: Laboratorium 1, Laboratorium 12 i Komórka. Laboratoria te były jednostkami badawczymi w strukturze organów bezpieczeństwa państwowego ZSRS



i stanowiły część działu operacyjnego, zajmującego się badaniami nad truciznami, a ich wpływ na ludzi i sposoby ich zastosowania przetestowano na więźniach.

Kompleksowe badania nad bronią chemiczną w ZSRS zapoczątkowała współpraca z Republiką Weimarską w latach 20. ubiegłego stulecia. Ówczesne Niemcy łamiąc ograniczenia traktatu wersalskiego w zakresie zbrojeń zawarły porozumienia, na mocy których wybudowano tajne ośrodki naukowe - badawcze i komplementarne do nich poligonowe ośrodki szkolenia, a więc odpowiednio: chemiczne, pancerne i lotnicze [6].

W 1924 r. rozpoczęto budowę niemiecko-sowieckiego centrum broni chemicznej Tomka. Został on uruchomiony w 1926 r., w 1928 r. powstała miejscowość Tomka. Po wycofaniu się Niemców ze współpracy w 1933 roku nadal kontynuowano prace nad rozwojem broni chemicznej. W czasach zimnej wojny liczba mieszkańców miasta osiągała 12 000÷15 000, a personelu wojskowego nawet do 60 000.

Po II wojnie światowej działały dwa ośrodki broni chemicznej: Szychany-1 pracujące oficjalnie dla Państwowego Instytutu Technologii Syntezy Organicznej podlegającego Ministerstwu Przemysłu i Szychany-2, gdzie działało laboratorium badawcze i poligon doświadczalny broni chemicznej. Te zamknięte miasta, nazywane również Wolsk-17 i Wolsk-18, znajdowały się w odległości około 4 km od siebie. W 1992 roku w obu tych lokalizacjach dokonywano oficjalnie zniszczenia broni chemicznej, jednak w 1997 roku prezydent Borys Jelcyn ogłosił je miastami zamkniętymi, utajniając charakter prowadzonej tam działalności - co wzbudziło oczywiste, w takim wypadku podejrzenia i zainteresowanie Zachodu.

Szychany-1, obok Nowoczeboksarska i Wołgogradu, były głównymi ośrodkami badawczymi broni chemicznej w ZSRR, podczas gdy Szychany-2 i Turkus w Kazachstanie były najważniejszymi poligonami doświadczalnymi. W ośrodku Szychany-2 według oficjalnych doniesień strony rosyjskiej aktualnie prowadzone są *jedynie* badania nad sposobami wykrywania i sposobami ochrony przed bojowymi środkami trującymi. Nad zagadnieniami tymi pracuje bardzo intensywnie także rosyjska Akademia Wojsk Chemicznych (ros. *Военная академия радиационной, химической и биологической защиты имени Маршала Советского Союза С. К. Тимошенко*).

W mieście Szychany-1 i -2 znajdują się m.in.: Naukowo-Badawczy Instytut Radiacji i Obrony Chemicznej i Biologicznej NII RChBZ (ros. *НИИ РХБЗ, Научно-исследовательский институт Радиационной Химической и Биологической Защиты*), 1 Mobilna Brygada RChBZ (RChBZ to specjalny rodzaj wojsk w Siłach Zbrojnych Federacji Rosyjskiej, przeznaczony do ich ochrony przed bronią masowego rażenia), baza serwisowa RChBZ, szychkański poligon testów chemicznych, szpital wojskowy i poliklinika. Wiele poszlak wskazuje na tę lokalizację, jako miejsce badań poligonowych Nowiczoków.

Zakończenie zimnej wojny i rozpad ZSRS dawał nadzieję na utrwalenie światowego pokoju, która powoli, ale systematycznie zanika. Pod koniec XX wieku rozpoczął się proces rozbiorzenia i zmniejszania zasobów broni masowego rażenia. Z

państw posiadających broń chemiczną największy arsenał posiadał Związek Socjalistycznych Republik Sowieckich. Kraj ten zadeklarował posiadanie 40 000 ton broni chemicznej, która była w przeszłości rozmieszczona w 8 obiektach: Gorny (obwód Saratowo, około 2,9% deklarowanych zapasów masowych), Kambarka i Kiznerze (Republika Udmurzdka, z odpowiednio: 15,9% i 14,2%), Leonidowka (obwód Penza z 17,2%), Maradikowski (obwód Kirow z 17,4%), Poczeb (obwód Briańsk z 18,8%) i Szczaczije (obwód Kurgan – 13,6%). Około 7500 ton deklarowanych zapasów, które były zmagazynowane w Gornym i w Kambarce, stanowiły gazy parzące (iperyt siarkowy, mieszanina iperytu siarkowego i luizytu). Pozostałe zapasy zawierały trzy fosforoorganiczne bojowe środki trujące: głównie sarin, a także soman i V-gaz, którymi napełniono w przybliżeniu około 4 do 4,5 milionów sztuk amunicji chemicznej różnego rodzaju.

Rozbrojenie Rosji przez zniszczenie broni chemicznej i neutralizację posiadanych zasobów broni chemicznej wymagało nie tylko zaangażowania zasobów państwa rosyjskiego, ale i pomocy międzynarodowej. Rosja niszczyła zasoby BST stosując technologię opartą na procesie neutralizacji opracowanym m.in. przez Państwowy Instytut Badawczy Chemii Organicznej i Technologii (ros. *Государственный научно-исследовательский институт органической химии и технологии* -- ФГУП ГосНИИОХТ / GosNIIOKiT), co jest istotne z punktu widzenia dalszych rozważań dotyczących Nowiczoków [2].

Rosja wywiązała się ze swoich zobowiązań traktatowych, niszcząc 1% swoich środków chemicznych w terminie określonym w konwencji o zakazie broni chemicznej na rok 2002, ale zwróciła się o pomoc techniczną i finansową oraz przedłużenie terminów w kolejnych latach, w tym w 2004 i 2007 r., oficjalnie ze względu na środowiskowe wyzwania związane z procesem niszczenia środków chemicznych. Ta procedura przedłużenia, określona w traktacie, została zastosowana także przez inne kraje, w tym Stany Zjednoczone. Przedłużony termin całkowitego zniszczenia (kwiecień 2012 r.) nie został także dotrzymany. Do października 2011 r. Rosja zniszczyła 57% swoich zapasów. W dniu 27 września 2017 r. Organizacja ds. Zakazu Broni Chemicznej (ang. *Organisation for the Prohibition of Chemical Weapons*, OPCW) ogłosiła, że Rosja zniszczyła całe swoje zapasy broni chemicznej.

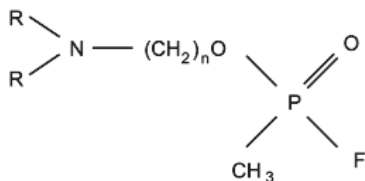
### 7.1. BOJOWE ŚRODKI TRUJĄCE IV GENERACJI

Do I generacji BST zalicza się: fosgen, difosgen, chloropikryna, cyjanowodór, chlorek cyjanu, iperyt siarkowy, iperyt azotowy i luizyty. Do II generacji BST należą: tabun, sarin, soman. III generację BST tworzą: VX, VR i estry Tammelina.

Biorąc pod uwagę struktury cząsteczek związków chemicznych określanych jako Nowiczoki, można przypuszczać, że są one owocem twórczego rozwinięcia prac zapoczątkowanych w latach 50. ubiegłego stulecia. Pomysł opracowania tych nowych, bardzo toksycznych fosforoorganicznych środków o działaniu paralityczno-drgawkowym miał się pojawić w Związku Sowieckim po II Wojnie Światowej. W tym czasie



odkryto związki serii V i tzw. estry Tammelina, czyli (O-(N,N-dialkiloaminoalkilo)-metylofluorofosfoniany), tj. związki chemiczne o ogólnej strukturze przedstawionej poniżej, gdzie odpowiednio: R- to:  $\text{CH}_3$ -,  $\text{C}_2\text{H}_5$ -,  $(\text{CH}_3)_2\text{CH}$ -,  $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_2$ -; z kolei n zawiera się w przedziale od 1 do 5 (najczęściej  $n = 2$ ).



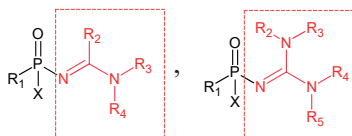
Ich odkrywcą w latach 50. XX wieku był Lars-Erik Tammelin w ramach programu badań nad potencjalnymi fosforoorganicznymi bojowymi środkami trującymi. Powtórzenie rezultatów uzyskanych na Zachodzie, pozwoliło na podjęcie niezakłóconych prac nad IV generacją BST.

Według doniesień Związek Sowiecki i Rosja, która kontynuowała program zbrojeń niekonwencjonalnych, podjęły działania dotyczące opracowania bojowych środków trujących IV generacji. Zadania postawione przez najwyższe władze przed naukowcami były ambitne, ale co należy przyznać, możliwe do osiągnięcia. Substancje należące do IV generacji BST powinny [5, 6]:

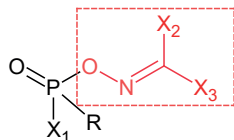
1. być niewykrywalne przy użyciu standardowych urządzeń do wykrywania substancji chemicznych armii państw NATO, znajdujących się w ich wyposażeniu w lat 70. i 80. ubiegłego stulecia;
2. umożliwiać przeniknięcie do wnętrza organizmu żołnierza strony przeciwnej pomimo zastosowania indywidualnych środków ochrony przed skażeniami, w postaci filtracyjnej maski przeciwgazowej i specjalnej odzieży ochronnej;
3. być bezpieczniejsze niż poprzednie generacje BST podczas: składowania i przygotowania do bojowego zastosowania;
4. nie występować w odpowiednich wykazach (także prekursorów) Konwencji o Zakazie Broni Chemicznej.

Te wymagania są prawdopodobnie spełniane przez grupę fosforoorganicznych związków chemicznych nazywanych ogólnie Nowiczok, mogą być stosowane w amunicji chemicznej.

Nowe rodzaje fosforoorganicznych bojowych środków trujących IV generacji zostały prawdopodobnie opracowane jako fluorofosfoniany i fluorofosforany zawierające fragmenty amidyny i guanidyny przedstawione we wzorach:



amidyna – po lewej stronie i guanidyna - po prawej stronie. We wzorach zastosowano następujące oznaczenia: X = F lub S-alkil, R<sub>1</sub> = O-alkil (pochodna fosforanu) lub alkil (pochodna fosfinianu); R<sub>2</sub>, R<sub>3</sub>, R<sub>4</sub>, R<sub>5</sub> = H, alkil, fenyl, -CN. Inną strukturą Nowiczoka może zawierać fragment formaldoksymu (oksymu formaldehydu):



gdzie:

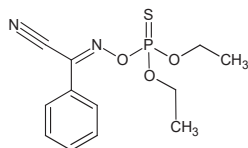
X<sub>1</sub> to F;

X<sub>2</sub> – dowolny fluorowec, -CF<sub>2</sub>NO<sub>2</sub>, -CN;

X<sub>3</sub> – dowolny fluorowec, -CN;

R – O-alkil (pochodna fosforanu) lub alkil (pochodna fosfinianu).

Ze względu na zastosowanie pochodnych formaldoksymu należy wspomnieć, że pod koniec XX wieku, niemiecka firma Bayer, opracowała fosforoorganiczny pestycyd o nazwie handlowej Phoxim:, którego użycie w rolnictwie zostało zakazane w 2007 r., ze względu na silne właściwości toksyczne.



Związki chemiczne mające powyższe wzory zostały opracowane w ramach programu Foliant.

## 7.2. PROGRAM FOLIANT

Tajny program badawczy dotyczący broni chemicznej o kryptonimie FOLIANT rozpoczął się około roku 1967 i był kontynuowany w późniejszych latach. Jego celem był rozwój sowieckiej broni chemicznej.

Istnieją pewne poszlaki świadczące, że na opracowanie Nowiczoków w ramach programu FOLIANT, istotny wpływ mogła mieć dezinformacja operacyjna tajnych służb USA wobec ZSRS, dotycząca tajnego amerykańskiego programu zbrojeń niekonwencjonalnych, w wyniku którego rzekomo otrzymano nowy BST z rodziny FOST o nazwie kodowej GJ. Wtedy w ZSRS podjęto prace mające na celu powtórzenie wyników naukowców zachodnich. Dopiero w latach 70. XX wieku po uwolnieniu odpowiednich zasobów naukowo-technicznych kompleksu przemysłowego (chemicznego) przystąpiono do prac nad IV generacją BST. Tak został rozpoczęty na przełomie lat 1973–1974 (według innych źródeł dopiero w latach 80.) [6] pro-

gram FOLIANT, którego celem było opracowanie na potrzeby armii wysokotok-sycznych środków w postaci broni unitarnej i binarnej, o wspomnianych uprzednio właściwościach, ze szczególnym uwzględnieniem możliwości ich otrzymywania z substancji nieobjętych nadzorem międzynarodowym [6]. Według doniesień literaturowych [2, 6] niektóre z substancji określanych nazwą Nowiczok mogą być stosowane w amunicji binarnej.

Pierwszy jawnie dostępny artykuł na ten temat ukazał się w tygodniku Moskowskie Nowosti (ros. *Московские новости*) w 1992 roku, autorstwa dwóch chemików Lwa Fiodorowa i Vila (Wilhelma) Mirzajanowa [6]. Publikacja ukazała się w przededniu podpisania przez Rosję konwencji o zakazie broni chemicznej, a jej treść była intrygująca, bowiem według autorów rosyjski Komplex Militarno-Chemiczny wykorzystywał środki otrzymane z Zachodu, w celu realizacji porozumień rozbrojeniowych; na budowę nowego, znacząco zmodernizowanego potencjału do prowadzenia wojny chemicznej. Autorzy ujawnili swoje informacje rzekomo z troski o środowisko, bowiem ze względu na charakter wykonywanej pracy dokonywali pomiarów poziomów stężeń substancji szkodliwych, zarówno w obiektach, jak i poza obiektami związanymi z programem zbrojeń chemicznych, aby potwierdzić, że obce agencje wywiadowcze nie wykryją śladów produkcji i innej zabronionej działalności. Fiodorow i Mirzajanow stwierdzili, że poziomy stężeń środowiskowych śmiertelnych substancji były osiemdziesiąt razy wyższe niż maksymalne bezpieczne stężenie. Rosyjskie władze potwierdziły istnienie Nowiczoków, pośrednio, poprzez aresztowanie i wniesienie oskarżeń o zdradę stanu przeciwko autorom.

Według zeznań biegłych, którymi byli trzej naukowcy *odpowiednio przygotowani*, przez istniejący nadal Komitet Bezpieczeństwa Państwowego (KGB ros. *Комитет государственной безопасности*, КГБ); Nowiczok i inne substancje chemiczne rzeczywiście zostały wyprodukowane, a to prowadziło wprost do konkluzji, że enuncjacje autorów były zdradą stanu. Leonid Rink, który twierdził, że prowadził badania doktoranckie na temat Nowiczoków; pośrednio potwierdził, że struktury opisane przez Fiodorowa i Mirzajanowa były prawidłowe [6]. Co istotne sam Leonid Rink został skazany w Rosji w 1994 roku za nielegalną sprzedaż powyższej substancji, a to być może właśnie ta próbka dała możliwość *operacyjnego* potwierdzenia źródła pochodzenia substancji użytej do ataku na Skripalów [4–6].

Z bliżej nieznanych do dzisiaj przyczyn, tylko Mirzajanow został aresztowany 22.X.1992 r. i wysłany do więzienia lefortowskiego, prawdopodobnie za potwierdzenie, że rosyjska generalicja kłamała – i nadal kłamie w kwestii rozbrojenia chemicznego. Co istotne dla sprawy i badań nad sposobami ochrony przed bronią chemiczną, Mirzajanow mieszka obecnie w USA, gdzie w 2008 roku wydał autobiograficzną książkę [2].

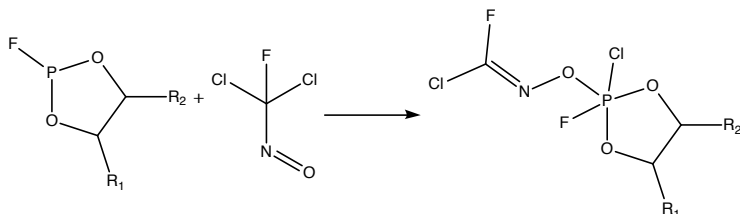
W latach 90. niemiecka Federalna Służba Wywiadowcza (niem. *Bundesnachrichtendienst*, BND) otrzymała próbkę Nowiczoka od rosyjskiego naukowca *nieujawnionego z nazwiska*, która następnie została przeanalizowana w Szwecji, według doniesień agencji Reutera z 18.V.2018 roku [12]. Wzór chemiczny i właści-

wości substancji zostały niejawnie przekazane *wybranym zachodnim* krajom NATO, które używały jej niewielkich ilości do badań sprzętu: ochrony przed skażeniami, wykrywania, likwidacji skażeń i testów medycznych środków ochrony przed skażeniami. O Nowiczoku wspomniano w zgłoszonym w 2008 r. patencie na leczenie zatruc związkami fosforoorganicznymi. Badania prowadzone w tym zakresie przez Uniwersytet Maryland w Baltimore były współfinansowane przez armię amerykańską [5].

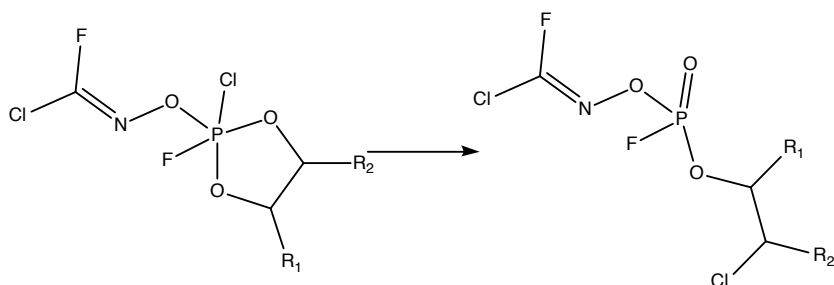
W dostępnej literaturze nie ma zgodności w kwestii nazewnictwa środków trujących znanych jako Nowiczok. Biorąc pod uwagę, że związki te miały być używane w amunicji binarnej, w publikacjach stosuje się nazwę Nowiczok dla poszczególnych składników (prekursorów), jak również dla samych środków paralityczno-drgawkowych. Przeważnie terminu Nowiczoki używa się zarówno w nazewnictwie (nomenklaturze): środków paralityczno-drgawkowych tej grupy, jak i binarnej broni chemicznej (całego układu, w którym środek paralityczno-drgawkowy ma dopiero powstać). Ma to odzwierciedlenie w nazewnictwie prekursorów mających w nazwie pojedyncze cyfry (np. Nowiczok-5 i Nowiczok-7), a także symbole (m.in. Nowiczok# i Nowiczok??). Produkty ich reakcji określane są symbolem „A” z trzycyfrową liczbą (stąd nazwa „związki serii A”). Poszczególni autorzy różnią się w stosowaniu nazw kodowych poszczególnych BST z grupy Nowiczoków [2, 4–6]. W 2018 roku pojawiło się również określenie „związki serii N” (ang. *N-series agents*). Nowiczoki określa się jako bojowe środki trujące czwartej generacji [4–6].

### 7.3. OTRZYMYWANIE NOWICZOKÓW (SUBSTANCJI A)

Możliwy schemat przebiegu reakcji syntezy Nowiczoków o symbolach kodowych: A-230, A-232 i A-234 opisuje Hoenig [4]. W pierwszym etapie reakcji syntezy powstaje cykliczny ester oksymu, w którym atom fosforu jest pięciowiązalny.

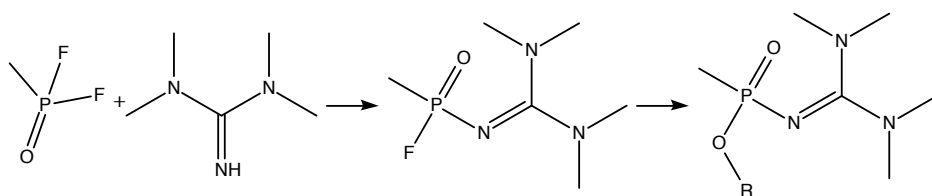


W temperaturze poniżej zera związek ten jest stabilny, jednak podczas ogrzewania następuje otwarcie pierścienia z przeniesieniem atomu chloru i powstaje odpowiedni Nowiczok:

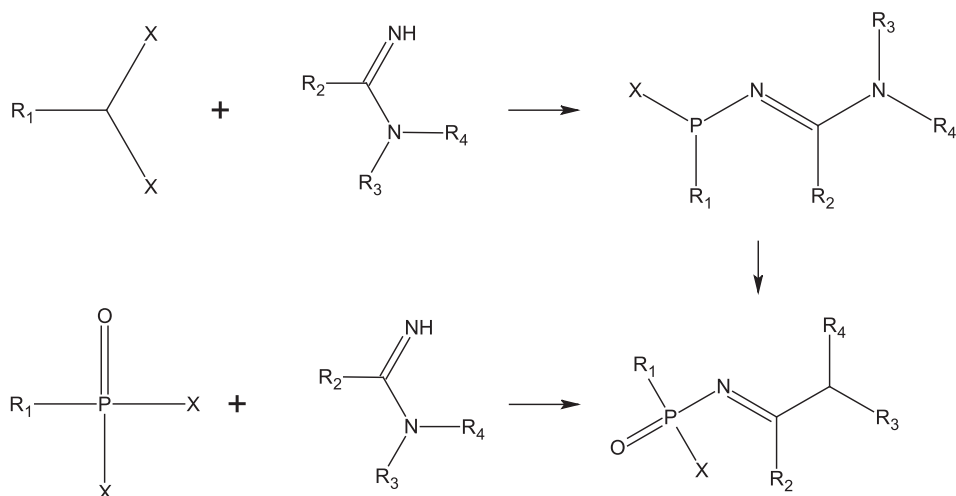


Wydajność tej reakcji wynosi około 30–60%.

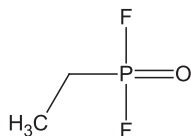
Inny możliwy mechanizm procesu syntezy Nowiczoków opisano w artykule [13], w którym grupa irańskich naukowców wykonała analizę spektrometryczną kilku związków. Podstawowym związkiem opisanym w pracy był analog związku opisanego przez Mirzajanowa jako Nowiczok A-242 (w porównaniu do A-242 miał on podstawniki metylowe zamiast etylowych przy atomach azotu). Otrzymany został poprzez zmieszanie roztworu difluorku metylofosfonowego w dichlorometanie z roztworem tetrametyloguanidyny w trietyloaminie i dichlorometanie. Całość była mieszana przez 30 minut w temperaturze 0–5°C, a powstały osad odfiltrowano. Scharakteryzowano również kilka pochodnych tego związku, w których zamiast atomu fluoru podstawione były grupy *O*-alkilowe (metylowa, etylowa, izopropylowa) i *O*-arylowe (fenyłowa i 2,5-dimetylofenyłowa). Zostały one otrzymane poprzez wkraplanie roztworu wcześniej opisanego związku w dichlorometanie do uprzednio przygotowanego roztworu odpowiedniego alkoholu i wodoru sodu w tym samym rozpuszczalniku, z jednoczesnym mieszaniem przez 2 godziny w temperaturze 0–5°C. Powstały osad był następnie odfiltrowany.



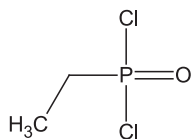
Ogólny schemat reakcji syntezy Nowiczoków można opisać jako reakcje z substratami, w których fosfor występuje na stopniu utlenienia III i V:



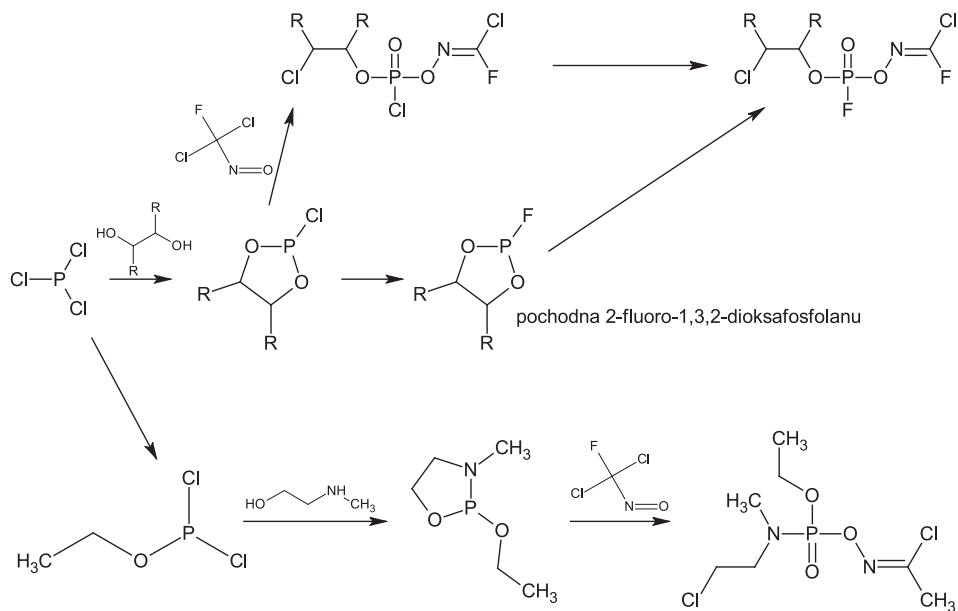
W tym schemacie zastosowano następujące symbole: dla fosforu na III stopniu utlenienia  $X = \text{Cl}, \text{F}$ ;  $R_1 = \text{alkil, fenyl, dialkiloamina}$ ;  $R_3, R_4 = \text{alkil, -CN}$ ; dla fosforu na V stopniu utlenienia jeżeli  $R_1 = \text{metyl}$ ;  $X = \text{F}$ ; to prekursorem jest difluorek metylofosfonowy (DF):



natomiast jeżeli  $R_1 = \text{metyl}$ ;  $X = \text{Cl}$ ; to prekursorem jest dichlorek metylofosfonowy (DC).



Inne możliwości przeprowadzenia reakcji syntezy przedstawiono na ogólnym schemacie ( $R = \text{H, alkil}$ ):

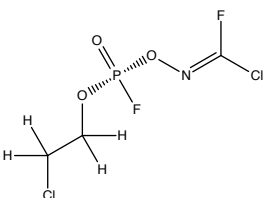


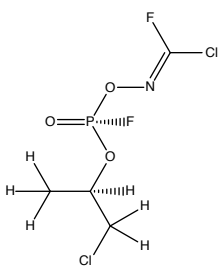
#### 7.4. STRUKTURA I WŁAŚCIWOŚCI NOWICZOKÓW

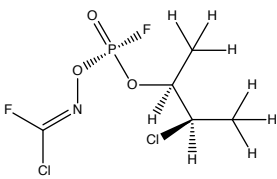
W literaturze nie ma wielu informacji dotyczących stabilności bądź trwałości chemicznej związków z tej grupy. Wiedza na temat sposobów syntezy Nowiczoków nigdy nie została bezpośrednio potwierdzona [4–6]. Podobnie jak w przypadku wzorów strukturalnych, z których jedynie znane są tylko niektóre. I nawet te znane nie są potwierdzone. Związki te różnią się od typowych środków paralityczno-drgawkowych m.in. brakiem wiązania P-C [1]. Tym samym nie uwzględniono tego typu związków chemicznych w Konwencji o Zakazie Broni Chemicznej i nie podlega on weryfikacji przez OPCW. Nowiczoki mają ugrupowanie  $-O-N=C(-X)-Y$  (gdzie X i Y mogą być atomami chloru, bromu, fluoru, ale także pseudohalogenem, np. grupą  $-CN$ ) [5]. Hoenig podaje kilka takich struktur zarówno dla nowiczoków, jak i dla ich prekursorów (będących przypuszczeniami na podstawie struktur nowiczoków i dostępnych w literaturze możliwych dróg syntezy) [4]. W publikacji Ellisona znajduje się kilkadziesiąt możliwych struktur nowiczoków i ich prekursorów [5]. Leszek Konopski wskazuje na możliwą strukturę, w której atom fluoru związany z atomem fosforu zastąpiony jest ugrupowaniem dialkiloamidowym (analogicznym do obecnego w tabunie) [6]. Podaje również, że prowadzone były badania nad związkami posiadającymi podstawniki  $Cl-C\equiv C-$  czy  $N\equiv C-C\equiv C-$  (zamiast  $Cl-CR_1H-CR_2H-$ ), jak również różne atomy halogenów bądź pseudohalogeny. Inni autorzy opisują strukturę, w której do centralnego atomu fosforu przyłączona jest podstawiona grupa imidoamidowa [3].

Dostępne źródła literaturowe dostarczają opisu grupy substancji chemicznych, co do których przypuszcza się, że wchodzi one w skład rodziny Nowiczoków.

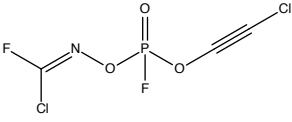
Ponadto występują różnice pomiędzy Mirzajanowem [2] i innymi autorami [4-6]. W następującym zestawieniu opisano przykłady najbardziej znanych przedstawicieli Nowiczoków.

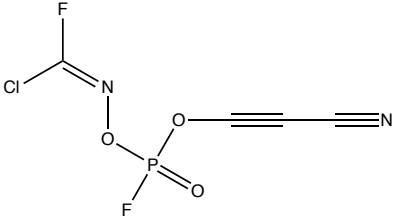
1.  -  $C_3H_4Cl_2F_2NO_3P$ ; chlorek fluorek {[2-chloroetoksy]fluorofosfinylo]oksy}karbonoimidowy (Nr CAS 26102-97-6; Mmol = 241,9). Według Hoeniga – w sprzeczności z danymi podanymi przez Mirzajanowa [2] – jest to Nowiczok o symbolu kodowym A-230 [4] i stanowi produkt reakcji dwóch substratów oznaczonych symbolami: Nowiczok-# i Nowiczok-?? [4].

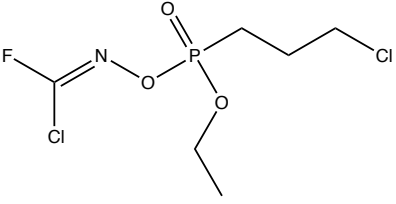
2.  -  $C_4H_6Cl_2F_2NO_3P$ ; chlorek fluorek {[2-chloro-1-metyloetoksy]fluorofosfinylo]oksy}karbonoimidowy (Nr CAS 26102-98-7; Mmol = 256,0). Według Hoeniga [4] jest to Nowiczok A-232 i stanowi produkt reakcji pomiędzy Nowiczokiem-# i Nowiczokiem-5. Ma on niską temperaturę krzepnięcia, czyli występuje w stanie ciekłym w niskich temperaturach. Ma on być 5 do 8 razy bardziej toksyczny od VX, a zatrucie nim ma być trudne w leczeniu. Jego produkcja może być prowadzona w cywilnych fabrykach chemicznych (np. nawozów sztucznych) ze składników, które w większości nie są umieszczone w wykazach Konwencji o Zakazie Broni Chemicznej.

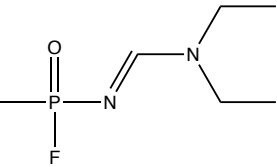
3.  -  $C_5H_8Cl_2F_2NO_3P$ ; chlorek fluorek {[2-chloro-1-metylopropoksy]fluorofosfinylo]oksy}karbonoimidowy (Nr CAS 26102-99-8; Mmol = 270,0). Jest to Nowiczok A-234 i stanowi produkt reakcji pomiędzy Nowiczokiem-5 i Nowiczokiem-7, a jego lotność ma być zbliżona do lotności somanu, przy dziesięciokrotnie wyższej toksyczności.

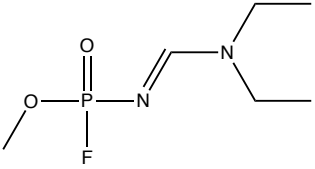


4.  -  $C_3Cl_2F_2NO_3P$ ; chlorek fluorek {[2-chloroety-noksy]fluorofosfinylo]oksy}karbonoimidowy ( $M_{mol} = 237,9$ ). Możliwe są analogiczne struktury tego związku z innymi halogenami i/lub pseudohalogenami.

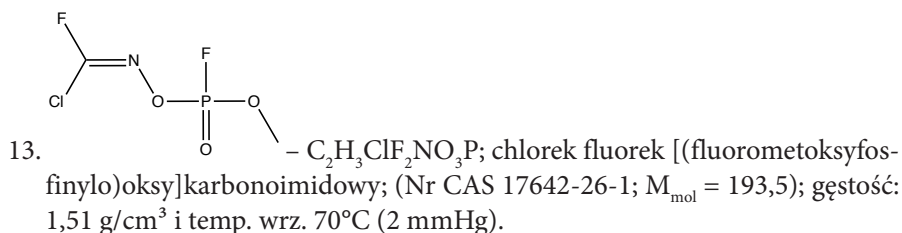
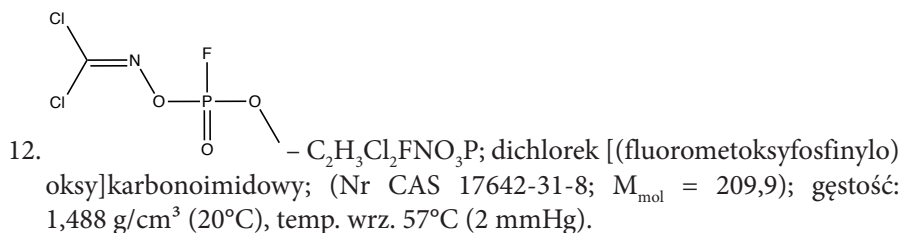
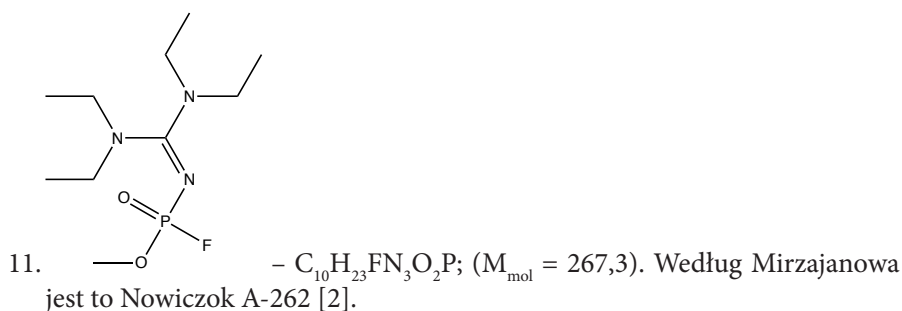
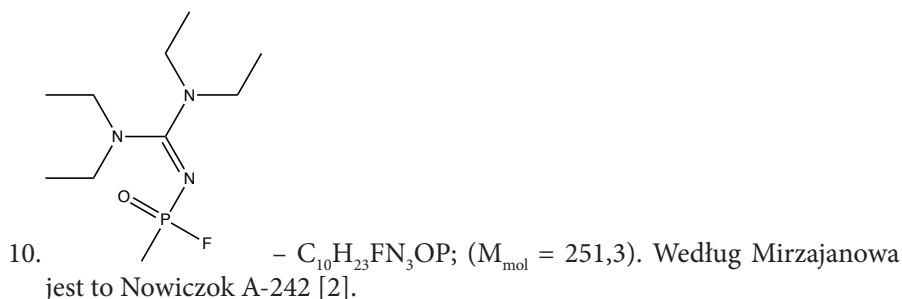
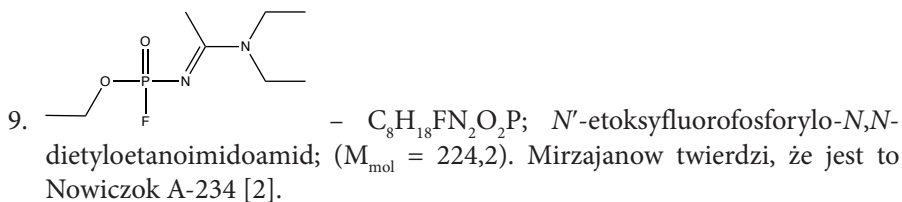
5.  -  $C_5H_2ClF_2NO_3P$ ; chlorek fluorek {[cyanoety-noksy]fluorofosfinylo]oksy}karbonoimidowy ( $M_{mol} = 228,5$ ); możliwe są analogiczne struktury z innymi halogenami i/lub pseudohalogenami.

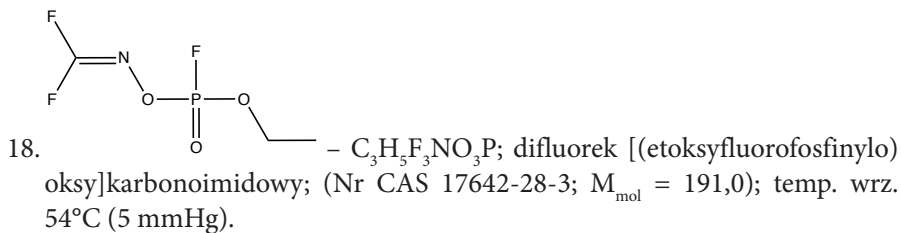
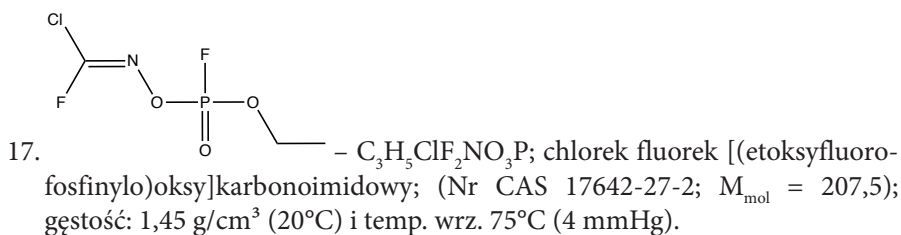
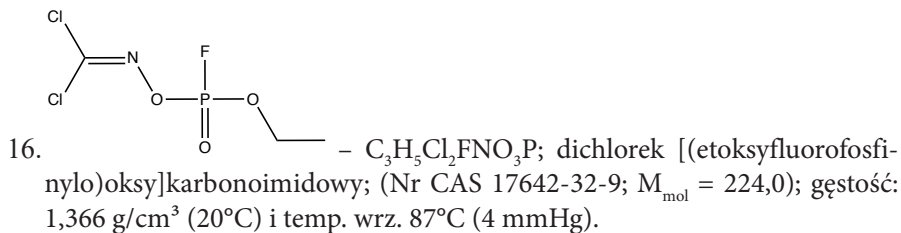
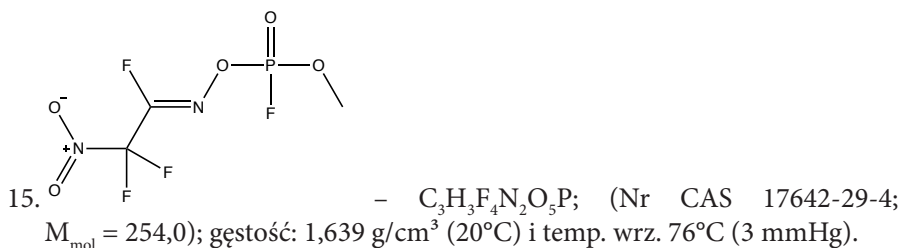
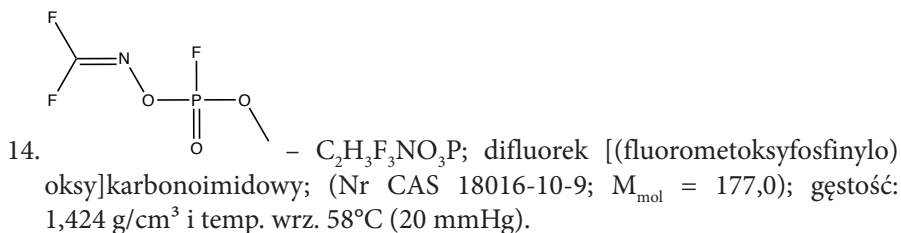
6.  -  $C_6H_{12}ClFN_2O_3P$ ; chlorek fluorek *N*-{[2-chloroetylo(metylo)amino]-etoksyfosforylo]oksymetanoimidoilu ( $M_{mol} = 281,0$ ); struktura z grupą chlorodialkiloamidową, podobną do występującej w tabunie.

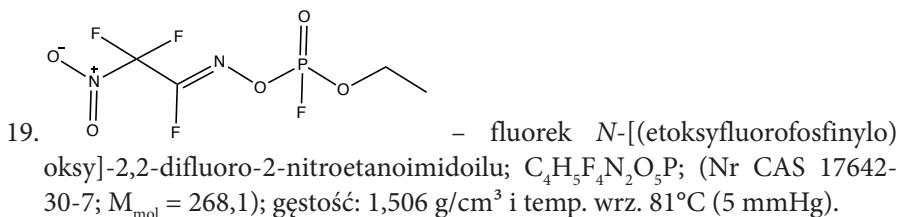
7.  -  $C_7H_{16}FN_2OP$ ; ( $M_{mol} = 194,2$ ); a jego toksyczność ma być 5 do nawet 8 razy większa niż VR (rosyjski odpowiednik VX). W przeciwieństwie do Hoeniga [4], według Mirzajanowa [2] jest to Nowiczok A-230.

8.  -  $C_7H_{16}FN_2O_2P$ ; *N'*-metoksyfluorofosforylo-*N,N*-dietyloetanoimidoamid; ( $M_{mol} = 210,2$ ). Jego toksyczność jest porów-

nywalna z VR, jednak ma on być bardziej lotny od VR i A-230 oraz mniej odporny zarówno na wilgoć jak i na niskie temperatury. Według Mirzajanowa jest to Nowiczok A-232 [2].

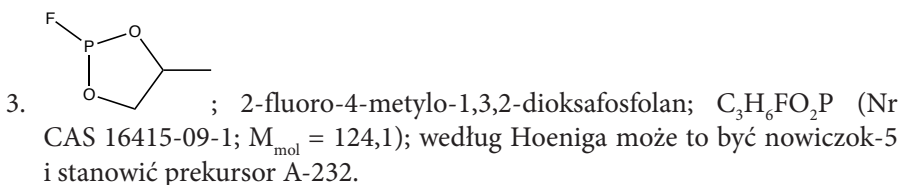
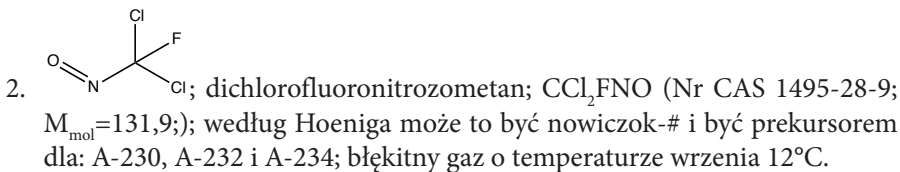
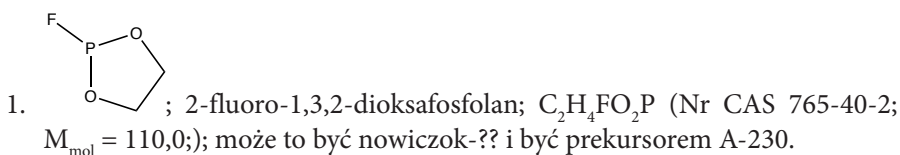


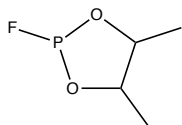




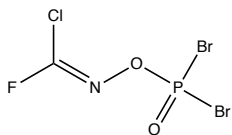
Chociaż pierwsze informacje o Nowiczokach pojawiły się stosunkowo dość dawno za sprawą wspomnianych uprzednio Fiodorowa i Mirzajanowa [6], to nadal skala niejednoznaczności informacji i margines ich błędu połączony z możliwością *celowej* dezinformacji jest bardzo wysoki. Ich doniesienia, jak również informacje dwóch innych dysydentów, tj.: Władimira Uglewa i Andrieja Żelazniakowa [6] oraz dane dostępne w literaturze i w Internecie na ten temat są niedokładne i o niepewnej wiarygodności, a czasami sprzeczne bądź nieprawdziwe. Większość dostępnych informacji o Nowiczokach pochodzi głównie od Mirzajanowa. Są one niepotwierdzone przez niezależne i wiarygodne źródła, a część jego wypowiedzi była podważana przez innych autorów. Podobnie jest z informacjami na temat prekursorów. Jak wspomniano Rosjanie nigdy nie ujawnili stanu posiadania ani zakresu prac nad Nowiczokami i to zarówno podczas rozmów dwustronnych ze Stanami Zjednoczonymi, jak też przystępując do Konwencji o Zakazie Broni Chemicznej. Dementowali również wszelkie informacje dotyczące Nowiczoków, które były podawane przez Mirzajanowa bądź inne osoby. Także kwestia ewentualnych prekursorów nigdy nie została potwierdzona i / lub zanegowana przez źródła rosyjskie.

Przyjmuje się, że dla Nowiczoków 1÷19 prekursorami są następujące związki chemiczne [4, 5]:

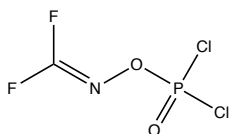




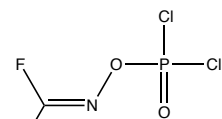
4. ; 2-fluoro-4,5-metylo-1,3,2-dioksafosfolan;  $C_4H_8FO_2P$  (Nr CAS 19952-57-9;  $M_{mol} = 138,1$ ); według Hoeniga może to być nowiczok-7 i stanowić prekursor A-234.



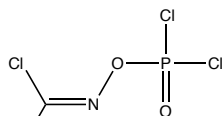
5. ; chlorek fluorek [(dibromofosfinylo)oksy]karbonoimidowy;  $CBr_2ClFNO_2P$  (Nr CAS 18262-26-5;  $M_{mol} = 303,3$ ); gęstość:  $2,203 \text{ g/cm}^3$  i temp. wrz.  $60^\circ\text{C}$  (0,1 mmHg); słabo rozpuszczalny w wodzie.



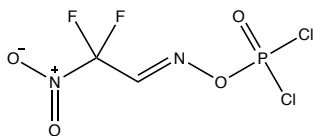
6. ; difluorek [(dichlorofosfinylo)oksy]karbonoimidowy;  $CCl_2F_2NO_2P$  (Nr CAS 18262-24-3;  $M_{mol} = 197,9$ ); gęstość:  $1,636 \text{ g/cm}^3$  i temp. wrz.  $65^\circ\text{C}$  (20 mmHg); słabo rozpuszczalny w wodzie.



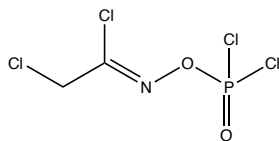
7. ; chlorek fluorek [(dichlorofosfinylo)oksy]karbonoimidowy;  $CCl_3FNO_2P$  (Nr CAS 18425-23-5;  $M_{mol} = 214,4$ ); gęstość:  $1,708 \text{ g/cm}^3$  i temp. wrz.  $61^\circ\text{C}$  (6 mmHg); słabo rozpuszczalny w wodzie.



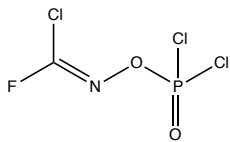
8. ; dichlorek [(dichlorofosfinylo)oksy]karbonoimidowy;  $CCl_4NO_2P$  (Nr CAS 17642-35-2;  $M_{mol} = 230,8$ ); gęstość:  $1,736 \text{ g/cm}^3$  i temp. wrz.  $75^\circ\text{C}$  (5 mmHg); słabo rozpuszczalny w wodzie.



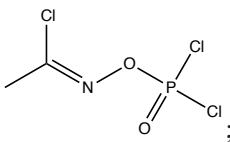
9. ; fluorek *N*-[(dichlorofosfinylo)oksy]-2,2-difluoro-2-nitroetanoimidu;  $C_2Cl_2F_3N_2O_4P$  (Nr CAS 18262-25-4;  $M_{mol} = 274,9$ ); gęstość:  $1,747 \text{ g/cm}^3$  i temp. wrz.  $65^\circ\text{C}$  (3 mmHg); słabo rozpuszczalny w wodzie.



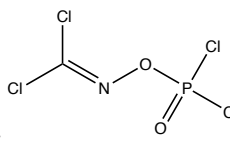
10. ; chlorek 2-chloro-*N*-[(dichlorofosfinylo)oksy]etanoimidoilu;  $C_2H_2Cl_4NO_2P$  (Nr CAS 111203-62-4;  $M_{mol} = 244,8$ ); temp. wrz.  $99^\circ C$  (2 mmHg) i słabo rozpuszczalny w wodzie.



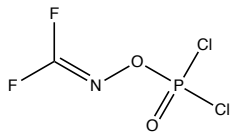
11. ; chlorek fluorek [(chlorometoksyfosfinylo)oksy]karbonoimidowy;  $C_2H_3Cl_2FNO_3P$  (Nr CAS 17650-48-5;  $M_{mol} = 209,9$ ); gęstość:  $1,579 \text{ g/cm}^3$  i temp. wrz.  $95^\circ C$  (6 mmHg); słabo rozpuszczalny w wodzie.



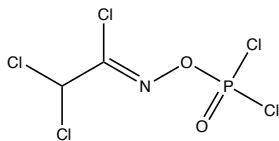
12. ; chlorek *N*-[(dichlorofosfinylo)oksy]etanoimidoilu;  $C_2H_3Cl_3NO_2P$  (Nr CAS 120932-13-0;  $M_{mol} = 210,4$ ); temp. wrz.  $71^\circ C$  (2 mmHg); słabo rozpuszczalny w wodzie.



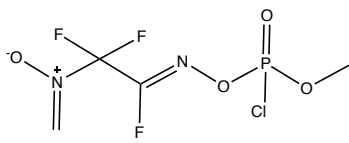
13. ; dichlorek [(chlorometoksyfosfinylo)oksy]karbonoimidowy;  $C_2H_3Cl_3NO_3P$  (Nr CAS 17642-33-0;  $M_{mol} = 226,4$ ); gęstość:  $1,583 \text{ g/cm}^3$  i temp. wrz.  $82^\circ C$  (1 mmHg); słabo rozpuszczalny w wodzie.

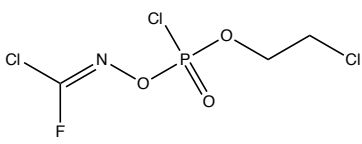


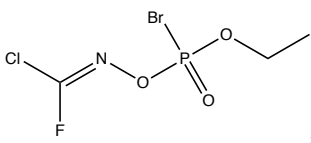
14. ; difluorek [(chlorometoksyfosfinylo)oksy]karbonoimidowy;  $C_2H_3ClF_2NO_3P$  (Nr CAS 18262-30-1;  $M_{mol} = 193,5$ ); gęstość:  $1,549 \text{ g/cm}^3$  i temp. wrz.  $59^\circ C$  (2 mmHg); słabo rozpuszczalny w wodzie.

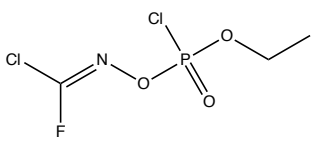


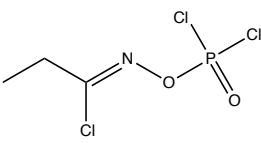
15. ; chlorek 2,2-dichloro-*N*-[(dichlorofosfinylo)oksy]etanoimidoilu;  $C_2HCl_5NO_2P$  (Nr CAS 114700-94-6;  $M_{mol} = 279,3$ ); temp. wrz.  $94^\circ C$  (1,5 mmHg); słabo rozpuszczalny w wodzie.

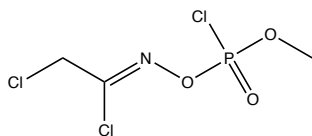
16.  ; fluorek *N*-[(chlorometoksyfosfinylo)ksy]-2,2-difluoro-2-nitroetanoimidoilu;  $C_3H_3ClF_3N_2O_5P$  (Nr CAS 18262-33-4;  $M_{mol} = 270,5$ ); gęstość:  $1,627 \text{ g/cm}^3$  i temp. wrz.  $87^\circ\text{C}$  (3 mmHg); słabo rozpuszczalny w wodzie.

17.  ; chlorek fluorek [(chloro-2-chloroetoksyfosfinylo)ksy]karbonoimidowy;  $C_3H_4Cl_3FNO_3P$  (Nr CAS 23233-25-2;  $M_{mol} = 258,4$ ); gęstość:  $1,598 \text{ g/cm}^3$  i temp. wrz.  $73^\circ\text{C}$  (0,01 mmHg); słabo rozpuszczalny w wodzie.

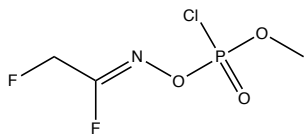
18.  ; chlorek fluorek [(bromoetoksyfosfinylo)ksy]karbonoimidowy;  $C_3H_5BrClFNO_3P$  (Nr CAS 17642-25-0;  $M_{mol} = 268,4$ ); gęstość:  $1,697 \text{ g/cm}^3$  i temp. wrz.  $101^\circ\text{C}$  (1 mmHg); słabo rozpuszczalny w wodzie.

19.  ; chlorek fluorek [(chloroetoksyfosfinylo)ksy]karbonoimidowy;  $C_3H_5Cl_2FNO_3P$  (Nr CAS 18262-27-6;  $M_{mol} = 224,0$ ); gęstość:  $1,449 \text{ g/cm}^3$  i temp. wrz.  $77^\circ\text{C}$  (3 mmHg); słabo rozpuszczalny w wodzie.

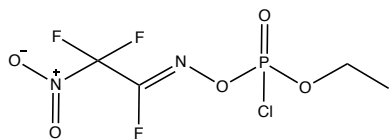
20.  ; chlorek *N*-[(dichlorofosfinylo)ksy]propanoimidoilu;  $C_3H_5Cl_3NO_2P$  (Nr CAS 121951-54-0;  $M_{mol} = 224,4$ ); temp. wrz.  $67^\circ\text{C}$  (2 mmHg); słabo rozpuszczalny w wodzie.



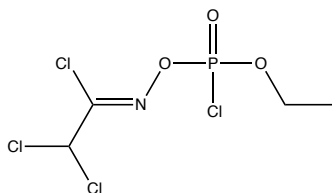
21. ; chlorek 2-chloro-*N*-[(chlorometoksyfosfinylo)oksy]etanoimidoilu;  $C_3H_5Cl_3NO_3P$  (Nr CAS 114700-91-3;  $M_{mol} = 240,4$ ); temp. wrz.  $118^\circ C$  (2 mmHg); słabo rozpuszczalny w wodzie.



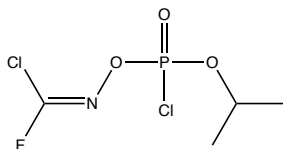
22. ; difluorek [(chloroetoksyfosfinylo)oksy]karbonoimidowy;  $C_3H_5ClF_2NO_3P$  (Nr CAS 18262-31-2;  $M_{mol} = 207,5$ ); gęstość:  $1,405 \text{ g/cm}^3$  i temp. wrz.  $65^\circ C$  (2 mmHg); słabo rozpuszczalny w wodzie.



23. ; fluorek *N*-[(chloroetoksyfosfinylo)oksy]-2,2-difluoro-2-nitroetanoimidoilu;  $C_4H_5ClF_3N_2O_5P$  (Nr CAS 18262-34-5;  $M_{mol} = 284,5$ ); gęstość:  $1,514 \text{ g/cm}^3$  i temp. wrz.  $73^\circ C$  (0,1 mmHg); słabo rozpuszczalny w wodzie.

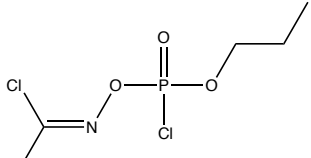


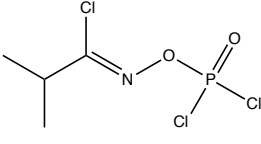
24. ; chlorek 2,2-dichloro-*N*-[(chloroetoksyfosfinylo)oksy]etanoimidoilu;  $C_4H_6Cl_4NO_3P$  (Nr CAS 114700-93-5;  $M_{mol} = 288,9$ ); temp. wrz.  $112^\circ C$  (1,5 mmHg); słabo rozpuszczalny w wodzie.

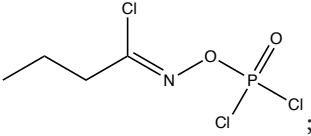


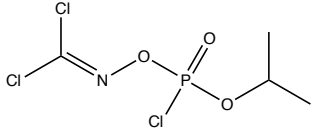
25. ; chlorek fluorek [(chloroizopropylfosfinylo)oksy]karbonoimidowy;  $C_4H_7Cl_2FNO_3P$  (Nr CAS 18262-28-7;  $M_{mol} = 238,0$ ); gęstość:  $1,369 \text{ g/cm}^3$ ; temp. wrz.  $64^\circ C$  (2 mmHg); słabo rozpuszczalny w wodzie.

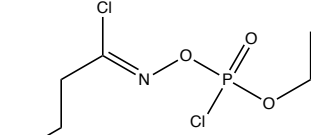


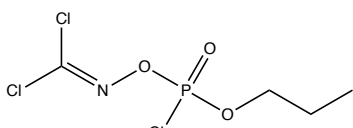
26.  ; chlorek fluorek [(chloropropylofosfinylo)oksy] karbonoimidowy;  $C_4H_7Cl_2FNO_3P$  (Nr CAS 18262-29-8;  $M_{mol}=238,0$ ); gęstość:  $1,348 \text{ g/cm}^3$ ; temp. wrz.  $100^\circ\text{C}$  (10 mmHg); słabo rozpuszczalny w wodzie.

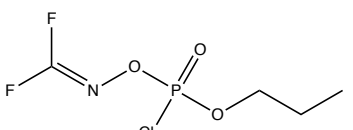
27.  ; chlorek *N*-[(dichlorofosfinylo)oksy]-2-metylopropanoimidu;  $C_4H_7Cl_3NO_2P$  (Nr CAS 121951-56-2;  $M_{mol} = 238,4$ ); temp. wrz.  $68^\circ\text{C}$  (2 mmHg); słabo rozpuszczalny w wodzie.

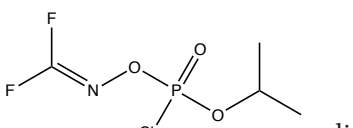
28.  ; chlorek *N*-[(dichlorofosfinylo)oksy]butanimidu;  $C_4H_7Cl_3NO_2P$  (Nr CAS 121951-55-1;  $M_{mol} = 238,4$ ); temp. wrz.  $82^\circ\text{C}$  (3 mmHg); słabo rozpuszczalny w wodzie.

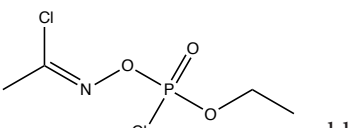
29.  ; dichlorek [(chloroizopropylofosfinylo)oksy] karbonoimidowy;  $C_4H_7Cl_3NO_3P$  (Nr CAS 17642-34-1;  $M_{mol} = 254,4$ ); gęstość:  $1,40 \text{ g/cm}^3$ ; temp. wrz.  $90^\circ\text{C}$  (2 mmHg); słabo rozpuszczalny w wodzie.

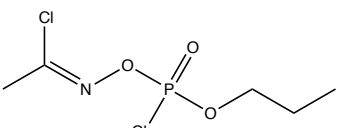
30.  ; chlorek 2-chloro-*N*-[(chloroetoksyfosfinylo)oksy]etanoimidu;  $C_4H_7Cl_3NO_3P$  (Nr CAS 114700-92-4;  $M_{mol} = 254,4$ ); temp. wrz.  $123^\circ\text{C}$  (1,5 mmHg); słabo rozpuszczalny w wodzie.

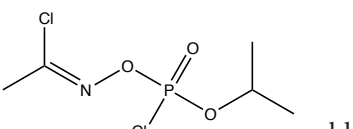
31.  ; dichlorek [(chloropropoksyfosfinylo)oksy] karbonoimidowy;  $C_4H_7Cl_3NO_3P$  (Nr CAS 37990-97-9;  $M_{mol} = 254,4$ ); słabo rozpuszczalny w wodzie.

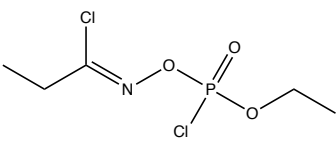
32.  ; difluorek [(chloropropoksyfosfinylo)oksy] karbonoimidowy;  $C_4H_7ClF_2NO_3P$  (Nr CAS 37990-84-4;  $M_{mol} = 221,5$ ); słabo rozpuszczalny w wodzie.

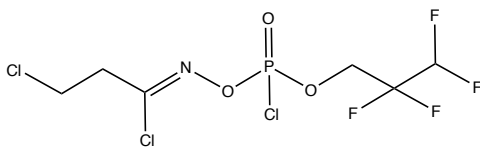
33.  ; difluorek [(chloroizopropoksyfosfinylo)oksy] karbonoimidowy;  $C_4H_7ClF_2NO_3P$  (Nr CAS 18262-32-3;  $M_{mol} = 221,5$ ); gęstość:  $1,3720 \text{ g/cm}^3$ ; temp. wrz.  $61^\circ\text{C}$  (2 mmHg); słabo rozpuszczalny w wodzie.

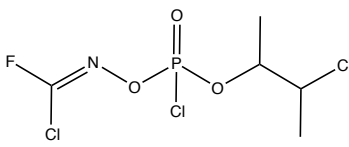
34.  ; chlorek *N*-[(chloroetoksyfosfinylo)oksy]etanoimidoiłu;  $C_4H_8Cl_2NO_3P$  (Nr CAS 114700-90-2;  $M_{mol} = 220,0$ ); temp. wrz.  $96^\circ\text{C}$  (3 mmHg); słabo rozpuszczalny w wodzie.

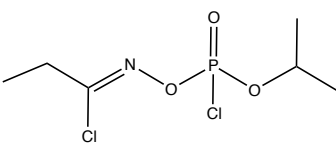
35.  ; chlorek *N*-[(chloropropoksyfosfinylo)oksy]etanoimidoiłu;  $C_5H_{10}Cl_2NO_3P$  (Nr CAS 129003-90-3;  $M_{mol} = 234,0$ ); temp. wrz.  $105^\circ\text{C}$  (2 mmHg); słabo rozpuszczalny w wodzie.

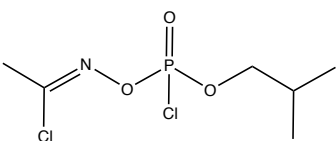
36.  ; chlorek *N*-{[chloro-(1-metyloetoksy)fosfinylo]oksy}etanoimidoiłu;  $C_5H_{10}Cl_2NO_3P$  (Nr CAS 128981-16-8;  $M_{mol} = 234,0$ ); temp. wrz.  $99^\circ\text{C}$  (2 mmHg); słabo rozpuszczalny w wodzie.

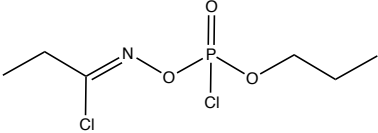
37.  ; chlorek *N*-[(chloroetoksyfosfinylo)ksy]propanoimidoilu;  $C_5H_{10}Cl_2NO_3P$  (Nr CAS 128981-18-0;  $M_{mol} = 234,0$ ); temp. wrz.  $104^\circ C$  (2,5 mmHg); słabo rozpuszczalny w wodzie.

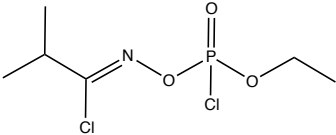
38.  ; chlorek 2-chloro-*N*-{[chloro-(2,2,3,3-tetrafluoropropoksy)fosfinylo]ksy}etanoimidoilu;  $C_5H_5Cl_3F_4NO_3P$  (Nr CAS 114967-39-4;  $M_{mol} = 340,4$ ); temp. wrz.  $118^\circ C$  (3 mmHg); słabo rozpuszczalny w wodzie.

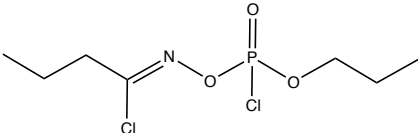
39.  ; chlorek fluorek [(2-chloro-1-metylopropylofosfinylo)ksy]karbonoimidowy;  $C_5H_8Cl_3FNO_3P$  (Nr CAS 24946-19-8;  $M_{mol} = 286,5$ ); gęstość:  $1,4811 \text{ g/cm}^3$ ; temp. wrz.  $84^\circ C$  (0,3 mmHg); słabo rozpuszczalny w wodzie.

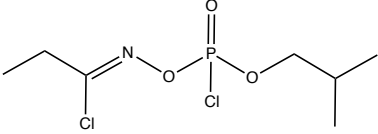
40.  ; chlorek *N*-{[chloro-(1-metyloetoksy)fosfinylo]ksy}propanoimidoilu;  $C_6H_{12}Cl_2NO_3P$  (Nr CAS 128981-20-4;  $M_{mol} = 248,0$ ); temp. wrz.  $97^\circ C$  (2 mmHg); słabo rozpuszczalny w wodzie.

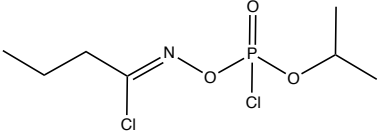
41.  ; chlorek *N*-{[chloro-(2-metylopropoksy)fosfinylo]ksy}etanoimidoilu;  $C_6H_{12}Cl_2NO_3P$  (Nr CAS 128981-17-9;  $M_{mol} = 248,0$ ); temp. wrz.  $108^\circ C$  (2 mmHg); słabo rozpuszczalny w wodzie.

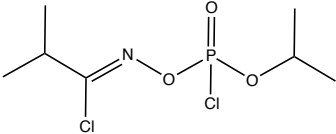
42.  ; chlorek *N*-[(chloropropoksyfosfinylo)oksy]propanoimidoilu;  $C_6H_{12}Cl_2NO_3P$  (Nr CAS 128981-19-1;  $M_{mol} = 248,0$ ); temp. wrz.  $102^\circ C$  (2 mmHg); słabo rozpuszczalny w wodzie.

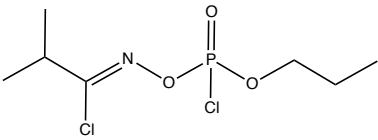
43.  ; chlorek *N*-[(chloroetoksyfosfinylo)oksy]-2-metylopropanoimidoilu;  $C_6H_{12}Cl_2NO_3P$  (Nr CAS 128981-25-9;  $M_{mol} = 248,0$ ); temp. wrz.  $97^\circ C$  (2 mmHg); słabo rozpuszczalny w wodzie.

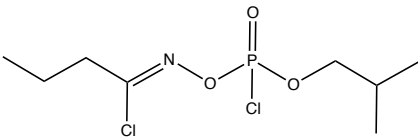
44.  ; chlorek *N*-[(chloropropoksyfosfinylo)oksy]butanoimidoilu;  $C_7H_{14}Cl_2NO_3P$  (Nr CAS 128981-22-6;  $M_{mol} = 262,1$ ); temp. wrz.  $108^\circ C$  (2 mmHg); słabo rozpuszczalny w wodzie.

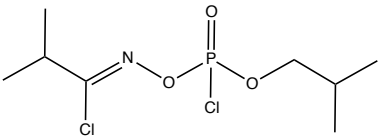
45.  ; chlorek *N*-{[chloro-(2-metylopropoksy)fosfinylo]oksy}propanoimidoilu;  $C_7H_{14}Cl_2NO_3P$  (Nr CAS 128981-21-5;  $M_{mol} = 262,1$ ); temp. wrz.  $109^\circ C$  (2 mmHg); słabo rozpuszczalny w wodzie.

46.  ; chlorek *N*-{[chloro-(1-metyloetoksy)fosfinylo]oksy}butanoimidoilu;  $C_7H_{14}Cl_2NO_3P$  (Nr CAS 128981-23-7;  $M_{mol} = 262,1$ ); temp. wrz.  $105^\circ C$  (2 mmHg); słabo rozpuszczalny w wodzie.

47.  ; chlorek *N*-{[chloro-(1-metyloetoksy)fosfinylo]oksy}-2-metylopropanoimidoilu;  $C_7H_{14}Cl_2NO_3P$  (Nr CAS 128981-27-1;  $M_{mol} = 262,1$ ); temp. wrz.  $101^\circ C$  (2 mmHg); słabo rozpuszczalny w wodzie.

48.  ; chlorek *N*-[(chloropropoksyfosfinyloksy)-2-metylopropanoimidoilu;  $C_7H_{14}Cl_2NO_3P$  (Nr CAS 128981-26-0;  $M_{mol} = 262,1$ ); temp. wrz.  $107^\circ C$  (2 mmHg); słabo rozpuszczalny w wodzie.

49.  ; chlorek *N*-{[chloro-(2-metylopropoksy)fosfinyloksy]butanoimidoilu;  $C_8H_{16}Cl_2NO_3P$  (Nr CAS 128981-24-8;  $M_{mol} = 276,1$ ); temp. wrz.  $108^\circ C$  (1,5 mmHg); słabo rozpuszczalny w wodzie.

50.  ; chlorek *N*-{[chloro-(2-metylopropoksy)fosfinyloksy]-2-metylopropanoimidoilu;  $C_8H_{16}Cl_2NO_3P$  (Nr CAS 128981-28-2;  $M_{mol} = 276,1$ ); temp. wrz.  $109^\circ C$  (2 mmHg); słabo rozpuszczalny w wodzie.

Pierwszym nowiczokiem przyjętym jako etatowy BST, w armii sowieckiej w 1988 roku miał być A-230, produkowany w zakładach w Wolsku 12. W Wolsku produkowane miały być również A-232 i jego prekursor nowiczok-5. Prawdopodobnie nie spełniały one wymagań formułowanych przez sowieckie siły zbrojne. Dlatego, pomimo wyjątkowej toksyczności A-232, nie został uwzględniony jako etatowy, warunkowo etatowy lub rezerwowy BST. Trzecim nowiczokiem miał być A-234 [3]. Mirzajanow podawał również informacje o innych Nowiczokach: substancji 33 i substancji 84. O drugim z nich nie ma żadnych informacji, natomiast pierwszy – według Mirzajanowa – miał być produkowany w Nowoczeboksarsku w ilości ok. 15 tysięcy ton. Mógł on stanowić przyczynę syndromu wojny w Zatoce Perskiej, w wyniku użycia go przez Irak w czasie I wojny w Zatoce Perskiej. Ta hipoteza nie znajduje jednak potwierdzenia. Mirzajanow wskazał również, że substancja 84 i A-232 miały być testowane w ośrodku badawczym w Nukus w Karakałpacji, dokąd miały być dostarczane z fabryki w Wołgogradzie [2].

Nowiczoki miały być produkowane aż do wczesnych lat 90. i zostać zniszczone w latach 1994–1995 na poligonie w Szychanach, choć Mirzajanow nie był pewien, czy zniszczono cały zapas tych środków [2]. Według Władimira Petrenki, rosyjskiego żołnierza, w tym samym miejscu, w 1982 roku, miały odbywać się testy broni

chemicznej (uważa on, że był to nowiczok A-232), które były przeprowadzane na kilkudziesięciu żołnierzach, w tym na nim samym [6].

### 7.5. DZIAŁANIE TOKSYCZNE NOWICZOKA

Bez wglądu do dokumentacji medycznej konkretnego przypadku zatrucia jak w przypadku Siergieja i Julii Skripal oraz kolejnych ofiar, którymi każdorazowo byli jednocześnie mężczyzna i kobieta; trudno jest dokonać dokładnego opisu toksycznego działania Nowiczoka. Nie istnieją żadne *oficjalne i jawnie dostępne* informacje o działaniu toksycznym Nowiczoków, natomiast według niepotwierdzonych informacji z różnych źródeł, niektóre nowiczoki mogą być kilkukrotnie bardziej toksyczne od znanych środków paralityczno-drgawkowych (np. od Vx, VX i VR). Ogólne objawy zatrucia Nowiczokami mogą być podobne do opisanych uprzednio objawów przy zatruciach innymi FOST [5–8].

Najbardziej prawdopodobny mechanizm działania Nowiczoków ma polegać nie tylko na inhibicji acetylocholinoesterazy (AChE), ale również na wywoływaniu nieodwracalnej neuropatii, przez co leczenie tradycyjnymi odtrutkami na środki paralityczno-drgawkowe może być mało lub w ogóle nieskuteczne. Nie istnieją również dane dotyczące możliwych środków ochrony indywidualnej bądź metod likwidacji skażeń. Z uwagi na podobieństwo Nowiczoków do innych środków paralityczno-drgawkowych przypuszcza się, że mogą one rozkładać się pod wpływem wysokiego pH. Daje to podstawę do zastosowania jako substancji do likwidacji skażeń (odkazywalników) roztworów zasadowych. Powinny one zawierać 10% wodnych roztworów wodorotlenku sodu lub węglanu sodu, podchlorynów, zasadowych roztworów nadtlenu, np. roztworu wodorowęglanu sodu, etanolu i 30–50% nadtlenu wodoru. Badania nad Nowiczokami w kontekście obrony przed bronią masowego rażenia prowadzone są prawdopodobnie w Stanach Zjednoczonych i innych krajach (zwłaszcza anglosaskich), choć brak jednoznaczne go potwierdzenia tego.

### 7.6. ASPEKTY PRAWNE DOTYCZĄCE NOWICZOKÓW

Nowiczoki nie są uwzględnione w żadnym z wykazów Konwencji o Zakazie Broni Chemicznej. Pomimo tego, że wykazy Konwencji mogą być uaktualniane, do tej pory nie zdecydowano się na wpisanie do nich Nowiczoków. Wymienia się przy tym co najmniej dwa powody tego stanu. Pierwszym jest fakt, że Rosja nigdy nie przyznała się do ich opracowania i produkcji, a z drugiej strony istnieje obawa, że uwzględnienie Nowiczoków w Konwencji spowodowałoby ujawnienie ich dokładnej struktury chemicznej, przez co mogłyby zostać wyprodukowane przez inne państwa czy organizacje terrorystyczne. Drugi to punkt widzenia legalistów, którzy wskazują, że pomimo braku wyraźnego wymienienia Nowiczoków w wykazach konwencji, mogą być one uznane za broń chemiczną w rozumieniu tej Konwencji

na podstawie tzw. kryterium celu ogólnego (ang. *general-purpose criterion*). Pojęcie to nie jest wymienione w samej konwencji, jednak jest powszechnie akceptowane i wynika z samych jej zapisów, według których bronią chemiczną jest każda toksyczna substancja stosowana do celów innych niż dozwolone przez konwencję.

#### 7.7. WYKRYWANIE FOSFOROORGANICZNYCH BOJOWYCH ŚRODKÓW TRUJĄCYCH

Wykrywanie za pomocą rurek wskaźnikowych jest jedną z najstarszych polowych metod wykrywania bojowych środków trujących. Jest to metoda specyficzna oraz na tyle prosta i skuteczna, że żadna poważna armia na świecie nie zrezygnowała z niej w całości, na rzecz nowoczesnych metod analizy instrumentalnej. W Siłach Zbrojnych RP stosowano i stosuje się nadal przyrząd do rozpoznania skażeń chemicznych PChR-54M, którego działanie jest oparte na specyficznych reakcjach środków trujących z niektórymi związkami chemicznymi. Rurki wskaźnikowe służą do wykrywania środków trujących w powietrzu oraz w produktach sypkich. Są to rurki szklane, wewnątrz których znajduje się substancja wypełniająca lub / i szklana ampułka z odczynnikiem. Po obłamaniu końców rurek, a w niektórych rurkach po zgnieceniu ampułki w zależności od wykrywanego środka trującego, umieszcza się je w kolektorze i przepompowuje przez nieskażone powietrze za pomocą ręcznej pompki kolektorowej. W kolektorze można umieścić od jednej do pięciu rurek. W komplecie przyrządu znajdują się 4 kasety, w których mieści się po 10 rurek wskaźnikowych o jednakowym oznakowaniu. Oznakowaniem rurki jest kolorowy pierścień umieszczony na jej górnej części. Do wykrywania iperytu stosuje się rurki oznaczone jednym żółtym pierścieniem, do fosgeny, difosgeny, kwasu pruskiego i chlorocyjanu – rurki oznaczone trzema zielonymi pierścieniami, a do wykrywania bardzo małych skażeń środków trujących typu FOST – rurki oznaczone jednym czerwonym pierścieniem i czerwoną kropką. W celu wykrycia BST w warunkach dużego zadymienia używa się filtra przeciwdymnego, w razie występowania w powietrzu substancji o odczynie kwaśnym kołpaczka ochronnego, przy niskich temperaturach ocieplacza, a przy bezpośrednim zbliżeniu pompki do badanego obiektu bez obawy o jej skażenie – kapturka ochronnego.

Najważniejszy element analityczny, czyli rurka wskaźnikowa wykonana jest ze szkła, a jej wnętrze wypełnia materiał porowaty – adsorbent służący do adsorpcji par bojowych środków trujących. Jest nim najczęściej żel krzemionkowy, na którym następuje zatężenie wykrywanej substancji do takich ilości, przy których może już zachodzić reakcja chemiczna dająca pożądany sygnał (efekt) analityczny, którym w przypadku rurki wskaźnikowej jest zmiana barwy sorbentu. Procedura stosowania rurek wskaźnikowych polega na przepuszczeniu zarówno czystego powietrza, jak i powietrza zawierającego bojowy środek trujący. Na tym etapie ma miejsce zatrzymanie BST w rurce, ponieważ cząsteczki par łatwiej kondensujących się substancji chemicznych znacznie silniej adsorbują się na powierzchni sorbentu niż

cząsteczki gazów wchodzących w skład czystego (niezanieczyszczonego bojowym środkiem trującym) powietrza.

Ilość powietrza, które należy przepuścić przez rurkę wskaźnikową zależy bezpośrednio od rodzaju wykrywanego BST. Przepuszczanie większych ilości powietrza jest konieczne szczególnie w przypadku substancji wysokotoksycznych, gdy czułość reakcji analitycznej jest stosunkowo mała. Zewnętrzna budowa rurek wskaźnikowych zależy od rodzaju zastosowanej pompki. Odczynniki chemiczne dające reakcje barwne z bojowymi środkami trującymi, mogą być w zależności od rodzaju *substancji wykrywającej* osadzone bezpośrednio na sorbencie, albo znajdować się w zatopionych ampułkach szklanych. Ampułki te rozbija się specjalnym przebijakiem przed i / lub po przepuszczeniu skażonego powietrza przez rurkę wskaźnikową dedykowaną dla konkretnych bojowych środków trujących. Wykorzystując prostą zależność pomiędzy intensywnością powstałego zabarwienia od stężenia bojowego środka trującego, można ocenić jego stężenie przez porównanie z barwnym wzorcem.

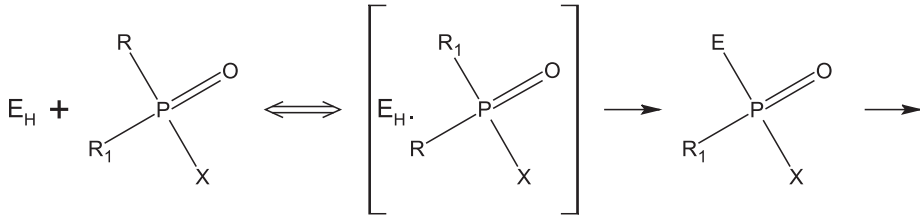
Do wykrywania fosforoorganicznych bojowych środków trujących w Wojsku Polskim nadal stosuje się opracowane jeszcze na potrzeby armii państw Układu Warszawskiego rurki wskaźnikowe, które umożliwiają wykrywanie wszystkich środków paralityczno-drgawkowych, a więc także (prawdopodobnie) substancji A, w wyniku specyficznej reakcji chemicznej, której czułość umożliwiała wykrywanie FOST w stężeniach bardzo niskich, rzędu od około  $5 \cdot 10^{-7}$  do około  $5 \cdot 10^{-5}$  mg/dm<sup>3</sup>. W rurce wskaźnikowej do wykrywania FOST umieszczono dwie ampułki szklane. Górna ampłka rurki wskaźnikowej zawierała roztwór esterazy cholinowej E<sub>H</sub> w roztworze buforowym Na<sub>2</sub>B<sub>4</sub>O<sub>7</sub>·10H<sub>2</sub>O, a dolna ampłka zawierała roztwór jodku butyrylotiocholiny i czerwieni metylowej.

W czasie *pracy bojowej* stosowane są dwie rurki wskaźnikowe. Pierwsza to *robocza rurka wskaźnikowa*, przez którą przepompowuje się powietrze i druga, *wskaźnikowa rurka odniesienia*, przez którą w czasie pomiaru nie przepompowuje się powietrza. Podczas przepompowywania powietrza przez *roboczą rurkę wskaźnikową*, pary FOST adsorbują się na wypełnieniu – żelu krzemionkowym. W ten sposób w układzie reakcyjnym znajdują się zaadsorbowane FOST i jodek butyrylotiocholiny, pomiędzy którymi przebiega dwuetapowa biochemiczna reakcja enzymatyczna i czerwien metylowej, której zmiana barwy dostarcza informacji analitycznej.

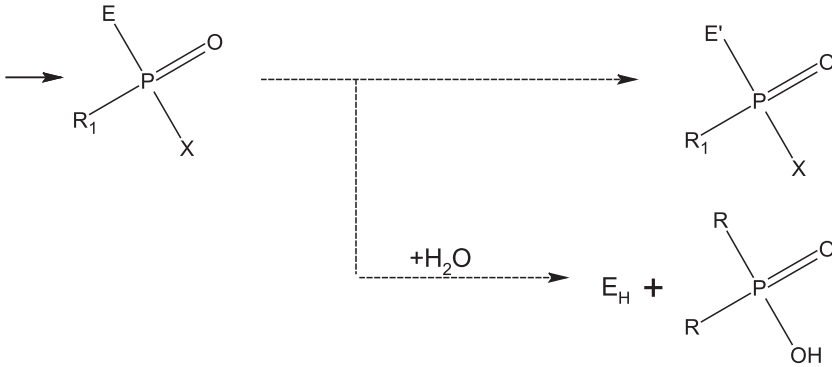
Mechanizm pierwszego etapu biochemicznej reakcji enzymatycznej podczas wykrywania FOST, polega na inhibicji acetylocholinoesterazy. Powstaje przejściowo odwracalny kompleksowy związek chemiczny enzymu, który następnie ulega wewnętrznej reakcji z wydzieleniem fragmentu fluorowcowodorowego, np.: HF, HCN i wytworzeniem enzymu sfosforylowanego w jego centrum aktywnym. W wyniku dalszej reakcji chemicznej – wewnętrznej transfosforylacji białkowa część enzymu zostaje nieodwracalnie zmieniona, tworząc cząsteczkę pozbawioną centrum aktywnego. Dodatkowo niewielka ilość sfosforylowanego enzymu może



ulec reakcji hydrolizy, uwalniając aktywny enzym  $E_H$  i cząsteczkę zhydrolizowanego inhibitora – odpowiedniego FOST.

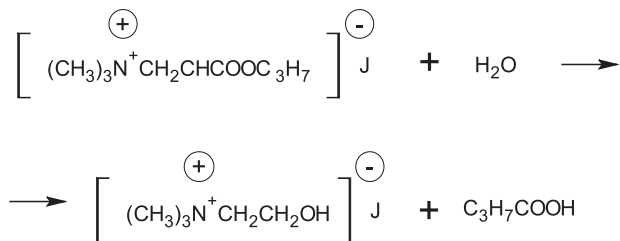


Jednak taki kierunek reakcji stanowi znikomą część reakcji opisanej uprzednio. W drugim etapie reakcji pozostała aktywna część z ogólnej początkowej ilości enzymu powoduje hydrolizę jodku butyrylotiocholinyowego.



Po pewnym czasie ilość zhydrolizowanego substratu (jodku butyrylotiocholinyowego) będzie mniejsza, niż w przypadku, gdy cała ilość enzymu hydrolizuje substrat, co ma przecież miejsce we *wskaźnikowej rurce odniesienia*, gdzie FOST nie unieczynnił pewnej ilości  $E_H$ ; i odpowiednio wewnątrz *roboczej rurki wskaźnikowej*, tylko w przypadku gdy w powietrzu nie występował FOST.

Szybkość pojawienia się produktów reakcji hydrolizy w tym procesie jest miarą aktywności enzymu. Ilość wprowadzonego inhibitora, czyli FOST wpływa bezpośrednio na aktywność enzymu i jest do niej odwrotnie proporcjonalna, czyli im wyższe jest stężenie FOST w powietrzu, tym odpowiednio mniejsza jest szybkość pojawienia się produktów hydrolizy jodku butyrylotiocholinyowego.



W wyniku powstawania kwasu masłowego czerwień fenolowa zmienia zabarwienie z koloru malinowo-różowego na żółty. Podsumowując jeżeli we *wskaźnikowej rurce odniesienia* barwna reakcja biochemiczna spowoduje zmianę zabarwienia wypełniacza, z czerwonego na żółte, szybciej niż w *roboczej rurce wskaźnikowej*, wskazuje to na obecność w powietrzu FOST.

Inne współcześnie stosowane metody wykrywania i identyfikacji bojowych środków trujących, to metody analizy instrumentalnej, wśród których dominującą rolę odgrywa chromatografia gazowa, spektrometria ruchliwości jonów i fotometria płomieniowa [14–16].

### 7.8. LIKWIDACJA SKAŻEŃ FOST

Charakterystyczną cechą dotychczas poznanych fosforoorganicznych związków trujących jest obecność cząstkowego ładunku dodatniego na atomie fosforu. Jego wielkość jest ściśle związana z rodzajem przyłączonych podstawników. Polaryzacja wiązań predestynuje te związki do reagowania zarówno z odczynnikami nukleofilowymi jak i elektrofilowymi. Wymiana fluoru podczas likwidacji skażeń umożliwia otrzymanie produktów o mniejszej toksyczności, dlatego reakcje nukleofilowego podstawienia odgrywają istotną rolę w niszczeniu FOST [17–19].

## PODSUMOWANIE

Sprawa rozbrojenia chemicznego i nierozprzestrzeniania broni chemicznej jest jednym z podstawowych warunków zwiększenia poziomu bezpieczeństwa społeczeństw na całym świecie.

Nowiczok i możliwość jego zastosowania bojowego, z pewnością zaburza wzajemne zaufanie państw i narodów. Nie jest przecież przypadkiem, że w zasadzie cała populacja jednomyślnie popiera całkowity zakaz broni chemicznej i jej eliminację na całym świecie. Wynika to z przekonania, że stosowanie broni chemicznej, w tym używanie wszelkich toksycznych substancji chemicznych jako broni, przez kogokolwiek – podmiot państwowy lub niepaństwowy – gdziekolwiek i w jakichkolwiek okolicznościach jest odrażające i musi być kategorycznie potępione.

Z tego wynika kolejny wniosek, że stosowanie broni chemicznej jest nieakceptowalne, stanowi naruszenie prawa międzynarodowego i może zostać uznane za zbrodnię wojenną lub zbrodnię przeciwko ludzkości oraz że nie można dopuścić do bezkarności, a osoby odpowiedzialne za takie czyny muszą zostać pociągnięte do odpowiedzialności.

Nowiczoki stanowią wyzwanie dla całej ludzkości. Bardzo niepokojące jest to, że te substancje toksyczne nie są ujęte w wykazach Konwencji o Zakazie Broni Chemicznej.

## PIŚMIENNICTWO CYTOWANE

- [1] KONWENCJA o zakazie prowadzenia badań, produkcji, składowania i użycia broni chemicznej oraz o zniszczeniu jej zapasów, sporządzona w Paryżu dnia 13 stycznia 1993 r. (Dz. U. z dnia 30 lipca 1999 r.).
- [2] Vil S. Mirzajanov, *State Secrets: An Insider's Chronicle of the Russian Chemical Weapons Program*, Outskirts Press, 2008.
- [3] *Handbook of Toxicology of Chemical Warfare Agents*, R.C. Gupta (Red.), Wyd. 2, London: Academic Press, 2015.
- [4] S.L. Hoenig, *Compendium of Chemical Warfare Agents*, Springer, New York 2007.
- [5] D.H. Ellison, *Handbook of Chemical and Biological Warfare Agents*, Wyd. 2, CRC Press, Boca Raton 2008.
- [6] L. Konopski, *Historia broni chemicznej*, Bellona, Warszawa 2009.
- [7] J. Błądek, *Broń chemiczna i toksyczne środki przemysłowe*, WAT, Warszawa 2011.
- [8] E. Croddy, J. Hart, *Broń chemiczna i biologiczna. Raport dla obywatela*, WNT, Warszawa 2003.
- [9] *Toksykologia współczesna*, W. Seńczuk (Red.), PZWL, Warszawa 2012.
- [10] F. Sidell, *Medical aspects of chemical and biological warfare*, Borden Institute, Walter Reed Army Medical Center, 1997.
- [11] A. Donia, M. Bahie, J. Occup. Health Saf. Aust., 2005, **21(5)**, 408.
- [12] West's knowledge of Novichok came from sample secured in 1990s: report, Agencja Reutersa, [dostęp: 2018-07-04]. Dostępny w Internecie: <https://www.reuters.com/article/us-britain-russia-chemicalweapons-german/wests-knowledge-of-novichok-came-from-sample-secured-in-1990s-report-idUSKCN1IH2HC>.
- [13] S. E. Hosseini, H. Saeidian, A. Amozadeh, M. T. Naseri, M. Babri, *Rapid Commun. Mass Spectrom.*, 2016, **30(24)**, 2585.
- [14] Z. Witkiewicz, E. Śliwka, S. Neffe, *TrAC*, 2016, **85**, 21 .
- [15] Z. Witkiewicz, E. Śliwka, S. Neffe, J. Quagliano, *Crit. Rev. Anal. Chem.*, 2018, **48**, 337 .
- [16] M.A. Mäkinen, O.A. Anttalainen, *Anal. Chem.*, **82(23)**, 9594.
- [17] B. Singh, G.K. Prasad, K.S. Pandey, R.K. Danikhel, R. Vijayaraghavan, *Def. Sci. J.*, 2010, **60(4)**, 428.
- [18] K. Ganesan, S.K. Raza, R. Vijayaraghavan, *J. Pharm. Bioall. Sci.*, 2010, **2**, 166.
- [19] K. Kim, O.G. Tsay, D.A. Atwood, D.G. Churchill, *Chem. Rev.*, 2011, **111(9)**, 5345.

Praca wpłynęła do Redakcji 5 maja 2018

