



## Problemy likwidacji skażeń

WŁADYSŁAW HARMATA

Wojskowa Akademia Techniczna, Wydział Nowych Technologii i Chemii,  
ul. gen. Witolda Urbanowicza 2, 00-908 Warszawa, wladyslaw.harmata@wat.edu.pl

**Streszczenie:** W pracy scharakteryzowano likwidację skażeń jako system zabezpieczenia wojsk w przypadku zagrożenia skażeniami w ujęciu funkcjonalnym i zadaniowym. Przedstawiono krytyczną analizę wyposażenia technicznego oraz procedur postępowania po skażeniach.

**Słowa kluczowe:** obrona przed bronią masowego rażenia, likwidacja skażeń, odkażanie, dezynfekcja, dezaktywacja

**DOI:** 10.5604/01.3001.0012.8517

### Wprowadzenie

Według doktrynalnego dokumentu Wojsk Chemicznych *Obrona przed bronią masowego rażenia (OPBMR)*, Szkol. 869/2013 (DD/3.8(A)) „likwidacja skażeń jest procesem mającym na celu **zapewnienie bezpieczeństwa stanowi osobowemu, obiektom i rejonom** poprzez usunięcie z powierzchni substancji promieniotwórczych, a także zbieranie, niszczenie, neutralizację oraz usuwanie środków biologicznych i chemicznych skażających powierzchnie lub znajdujących się w ich pobliżu”.

Likwidacja skażeń realizowana jest według następujących zasad:

- 1) natychmiast, jak to tylko możliwe;
- 2) tylko to, co niezbędne lub wymagane potrzebami operacyjnymi;
- 3) możliwie jak najbliżej rejonu skażonego;
- 4) stosownie do ustalonych priorytetów operacyjnych.

Cytując dalej powyższy dokument — likwidacja skażeń uwarunkowana potrzebami sytuacji operacyjnej może przybrać formę bierną lub aktywną:

- 1) **bierna likwidacja skażeń**, zwana naturalną likwidacją skażeń lub oddziaływaniem czynników atmosferycznych, jest naturalnym procesem oczyszczania ze skażenia, niewymagającym zaangażowania posiadanych sił i środków. Obiekty pozostawione do biernego odkażania powinny być izolowane i oznakowane jako niebezpieczne;
- 2) **aktywna likwidacja skażeń** polega na zbieraniu i usunięciu substancji promieniotwórczych, a także zbieraniu, niszczeniu, neutralizacji oraz usuwaniu substancji chemicznych i biologicznych ze skażonego stanu osobowego lub sprzętu (terenu i infrastruktury) poprzez wykorzystanie procesów chemicznych lub mechanicznych. W ramach aktywnej likwidacji skażeń prowadzona jest:
  - **natychmiastowa likwidacja skażeń przez pojedynczych żołnierzy bezpośrednio po wystąpieniu skażeń w celu zminimalizowania strat i ochrony życia skażonych stanów osobowych**, a także ograniczenia rozprzestrzeniania skażeń. Może obejmować likwidację skażeń części umundurowania lub wyposażenia;
  - **operacyjna likwidacja skażeń przez pojedynczych żołnierzy lub pododdziały w celu umożliwienia prowadzenia dalszych działań, zmniejszenia zagrożenia kontaktowego ze skażeniami, wyeliminowania konieczności lub skrócenia czasu przebywania w ISOPS**. Zakres jej prowadzenia jest ograniczony do części wyposażenia, uzbrojenia i sprzętu oraz terenu istotnego dla działania wojsk;
  - **całkowita likwidacja skażeń przez jednostki (pododdziały) z wsparciem lub bez wsparcia w celu obniżenia stopnia skażenia stanu osobowego, uzbrojenia, wyposażenia, środków materiałowych lub obszarów działania do możliwie najniższego poziomu, a także umożliwienia zdjęcia części lub całości indywidualnych środków ochrony oraz stworzenia warunków do prowadzenia działań z minimalnymi ograniczeniami;**
  - **oczyszczająca (gruntowna) likwidacja skażeń** prowadzona jest po zakończeniu działań w celu osiągnięcia całkowitego poziomu bezpieczeństwa przed skażeniami CBRN [1].

Prawidłowy wybór jednej z metod likwidacji skażeń nie należy do łatwych zadań, bowiem istnieje wiele ograniczeń, które będą ją utrudniać, powodując przedłużanie czasu prowadzenia działań bojowych. Po wystąpieniu skażeń prowadzona jest natychmiastowa ich likwidacja, gdyż:

- uważana jest za jedną z najdokładniejszych metod prowadzenia likwidacji skażeń, a jej pominięcie lub opuszczenie może prowadzić do utraty życia i zdrowia ludzkiego,
- zajmuje najmniej czasu,
- żołnierze po jej przeprowadzeniu są zdolni do tego, by ponownie wykonywać swoje zadania, jednak z mniejszą wydajnością, co jest spowodowane czasem

przebywania w indywidualnych środkach ochrony przed skażeniami. Aby temu zapobiec, konieczne jest zastosowanie w czasie prowadzonych działań nawet kilku przerw na operacyjną likwidację skażeń. Dopiero wtedy można przystąpić do gruntownej likwidacji skażeń bez żadnych ograniczeń. Całkowita likwidacja skażeń będzie natomiast prowadzona tylko w skrajnych przypadkach, gdy poprzednie metody odkażania zawiodą.

TABELA 1

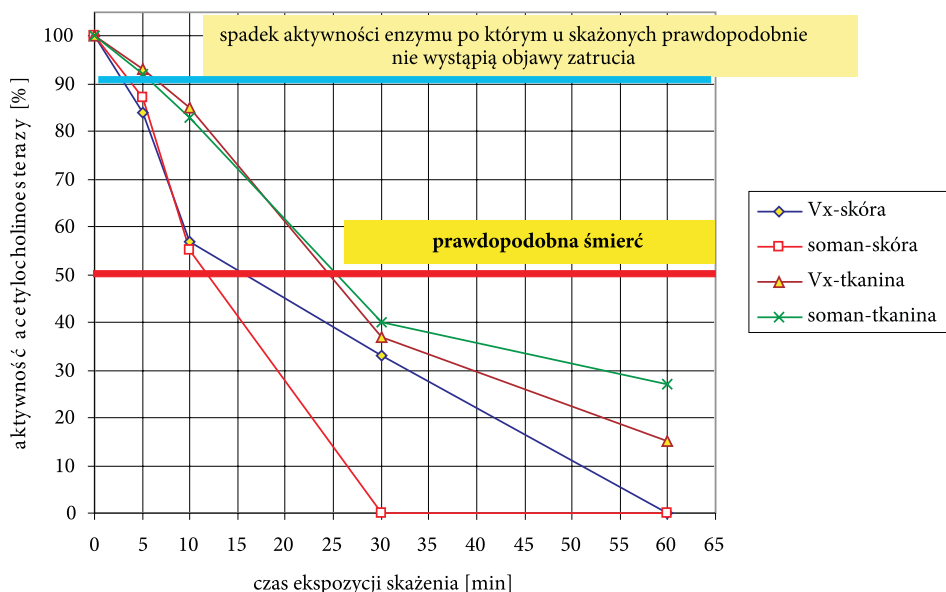
Charakterystyka proponowanych metod likwidacji skażeń [2]

	Natychmiastowa	Operacyjna	Gruntowna	Całkowita
1	2	3	4	5
<b>Cel</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Chronić życie</li> <li>• Ograniczyć penetrację środka skażającego</li> <li>• Ograniczyć rozprzestrzenianie się skażeń</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Umożliwić czasowe przebywanie bez odzieży ochronnej</li> <li>• Ograniczyć rozprzestrzenianie się skażeń</li> </ul>	Umożliwić działanie wojsk bez konieczności użycia środków ochronnych	Zapewnić kompleksowe i nieodwracalne usunięcie środka skażającego
<b>Czas od skażenia</b>	Bez przerywania działań	W czasie przerw w działaniach	Po wyjściu z działań	Po wyjściu z działań
<b>Czas zabiegów</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• &lt; 1 minuta (odkryte części ciała)</li> <li>• &lt; 15 minut (ubranie, sprzęt, miejsce przebywania)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• &lt; 6 godzin (z powłokami CARC)</li> <li>• &lt; 1 godzina (bez powłok)</li> </ul>	Kiedy działania na to pozwalają	Można całkowicie wycofać sprzęt
<b>Techniki</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Odkazanie skóry</li> <li>• Usunięcie środka z powierzchni ubrania</li> <li>• Usunięcie środka z powierzchni sprzętu</li> <li>• Oczyszczenie miejsca przebywania</li> </ul>	Wymiana odzieży ochronnej Zmycie pojazdów i sprzętu silnym strumieniem wody	Szczegółowa likwidacja skażeń sprzętu Szczegółowa likwidacja skażeń ludzi	Nieograniczone użycie środków (pełny serwis)
<b>Wykonawca</b>	Skażona osoba, partner lub załoga	Skażony pododdział, batalionowy zespół likwidacji skażeń lub pluton likwidacji skażeń	Pododdział likwidacji skażeń, skażony pododdział	Wsparcie strategiczne
<b>Miejsce</b>	W miejscu lub w bezpośrednim sąsiedztwie skażenia (jeżeli możliwe — w terenie nieskażonym)	W miejscu działania lub w bezpośrednim sąsiedztwie (w terenie nieskażonym)	Bezpośrednio w ugrupowaniu bojowym lub na placach likwidacji skażeń	W specjalnie przygotowanych bazach lub zakładach z pełnym zapleczem technicznym

## 1. Natychmiastowa likwidacja skażeń

Według NO-01-A006:2010 „natychmiastowa likwidacja skażeń — likwidacja skażeń wykonywana przez osobę bezpośrednio po skażeniu, w celu ratowania życia albo zminimalizowania strat [AAP-6(2008)] [AAP-21(B)]. UWAGA: Może obejmować usuwanie skażeń z umundurowania i/lub sprzętu” [3].

Likwidacja skażeń skóry skażonej bojowymi środkami trującymi jest niezwykle skomplikowana. Przeprowadzone badania wykazały, że po jej skażeniu bojowymi środkami trującymi ich wnikanie do organizmu jest niemal natychmiastowe. Świadczą o tym badania prowadzone na materiale biologicznym (rys. 1) [4].



Rys. 1. Spadek aktywności enzymu acetylocholinoesterazy u szczurów po skażeniu skóry i tkaniny bawełnianej somanem lub Vx. Gęstość skażenia ok. 1 g/m<sup>2</sup>

Z badań wynika, że maksymalny czas (liczony od momentu skażenia), po jakim prawdopodobnie nie wystąpią objawy zatrucia, jest równy około 5 minut. Okazuje się także, że zmycie wodą z mydłem środków skażających ze skóry jest skuteczne tylko bezpośrednio po skażeniu. W warunkach polowych zabieg ten może okazać się niewykonalny. Dlatego też do likwidacji skażeń chemicznych skóry przewidziano użycie indywidualnych pakietów przeciwochemicznych [5].

Podręcznik walki precyzuje, że natychmiastową likwidację skażeń: **przeprowadza się na rozkaz dowódcy pododdziału bezpośrednio w ugrupowaniu bojowym, bez przerywania wykonywanych zadań bojowych, za pomocą środków etatowych i podręcznych** [6].

Może powstać pytanie, dlaczego istnieją takie różnice w instrukcjach wojsk chemicznych odnośnie do czasu wykonania tego zabiegu? W wojsku obowiązują regulaminy walki, a normy i doktryny mają „przełożeni”. Należy zdawać sobie sprawę, że odłożenie odkażania może mieć skutki zdrowotne, w tym zejścia śmiertelne w bardzo krótkim czasie. Według amerykańskiego regulaminu walki, celem **natychmiastowej likwidacji skażeń** jest zminimalizowanie liczby porażonych i ograniczenie rozprzestrzeniania się skażeń. Jest ona przeprowadzana indywidualnie, bezpośrednio po skażeniu. Obejmuje odkażanie skóry, wyposażenia indywidualnego przez operatora. Odkażanie skóry jest jedną z podstawowych umiejętności żołnierza. Wykonuje się je wówczas, gdy środek trujący dostanie się na powierzchnię skóry. Niektóre z tych środków mogą wywołać skutek śmiertelny, jeśli znajdują się na skórze dłużej niż minutę. Najlepszym sposobem na ich usunięcie jest skorzystanie z pakietu indywidualnego. **Odpowiedzialność za wyszkolenie żołnierzy w posługiwaniu się pakietami spoczywa na dowódcy. Czynności związane z usuwaniem środka trującego powinni wykonywać automatycznie, bez czekania na rozkaz [7].**

W wyposażeniu SZ RP znajduje się indywidualny pakiet do likwidacji skażeń IPLS-1, przeznaczony jest do [8]:

- profilaktycznego zabezpieczenia oraz prowadzenia natychmiastowej likwidacji skażeń odkrytych powierzchni skóry (twarz, dłonie, szyja) przed oddziaływaniem bojowych środków trujących;
- prowadzenia natychmiastowej likwidacji skażeń broni osobistej i wyposażenia.

Charakterystyka techniczna:

— masa pakietu	460 g;
— masa tuby z maścią profilaktyczno-odkażającą	90 g;
— masa odkażalnika proszkowego z rękawicą	95 g;
— masa pojemnika z odkażalnikiem organicznym	210 g;
— maksymalny czas ochronnego działania maści	ok. 3 godz.;
— czas przygotowania do użytkowania	20 sek.;
— czas przeprowadzenia zabiegu odkażania kpl. umundurowania	300 sek.
— czas zachowania właściwości ochronnych umundurowania pokrytego odkażalnikiem	ok. 2 godz.;

Zasada korzystania z pakietu IPLS: wycisnąć połowę maści z tuby na rękę, zamknąć oczy, posmarować maścią twarz, szyję, ręce i inne niezakryte miejsca, czynność powtórzyć po trzech godzinach. Następnie na odkryte powierzchnie ciała nanieść odkażalnik proszkowy, część twarzową maski przeciwgazowej, rękawice ochronne i elementy wyposażenia pokryć odkażalnikiem organicznym [9].



Rys. 2. Indywidualny pakiet do likwidacji skażeń IPLS-1: 1 — dwie serwetki, 2 — głowica spryskiwacza z pompką, 3 — zbiornik spryskiwacza z odkażalnikiem organicznym, 4 — tuba z maścią profilaktyczno-odkażającą, 5 — odkażalnik proszkowy w rękawicy



Rękawica z odkażalnikiem proszkowym

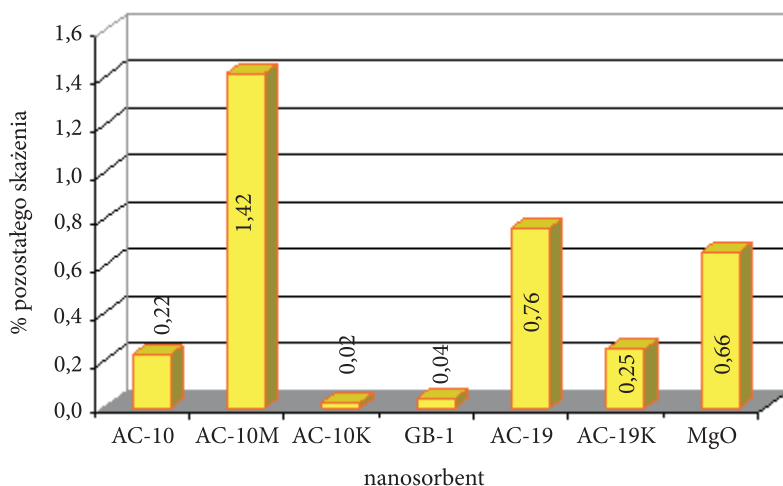


Sposób pokrywania odkrytych powierzchni skóry odkażalnikiem proszkowym

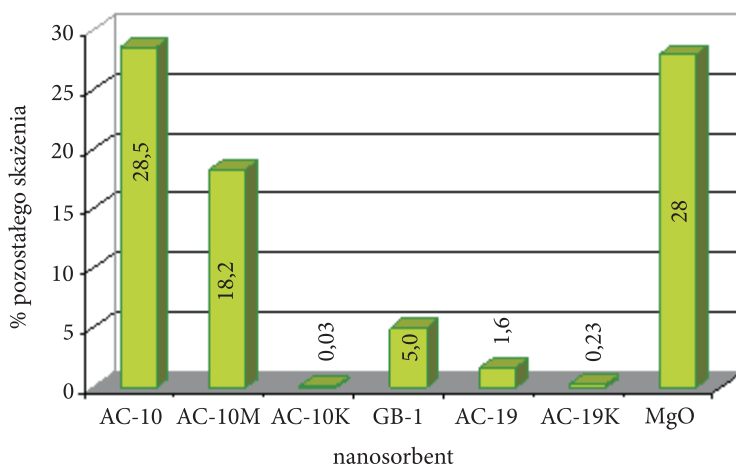


Usuwanie (strzepywanie) odkażalnika proszkowego ze skóry  
Rys. 3. Odkazanie skóry odkażalnikiem proszkowym

Należy stwierdzić, że pakiet IPLS-1 jest jednym z najlepszych rozwiązań tego typu na świecie, ale według najnowszych badań odkażalnik proszkowy powinien zostać zastąpiony bardziej efektywnym. W trakcie badań stwierdzono zbyt wysokie stężenie par środków z grupy G nad powierzchnią pokrytą odkażalnikiem. Nowy odkażalnik proszkowy typu adsorpcyjnego opracowano w oparciu o nanostruktury (wielkość uzyskanych krystalitów wynosiła 3-5 nm) magnezowo-glinowe o wzorze ogólnym  $[Mg_{1-x}Al_x(OH)_2](CO_3)_{x/2}$  [10]. Wyniki badań skuteczności usuwania iperytu i somanu ze skażonych powierzchni przedstawiono na rys. 4 i 5 [10].



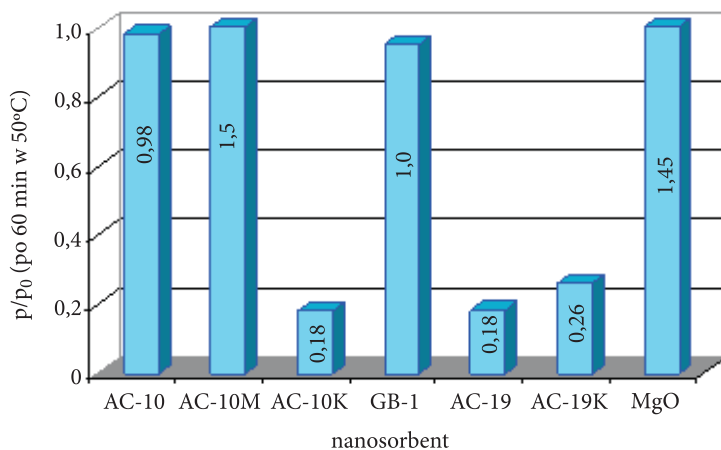
Rys. 4. Skażenia resztkowe iperytem po odkażaniu różnymi sorbentami magnezowo-glinowymi i sorbentem IPLS-1 (MgO)



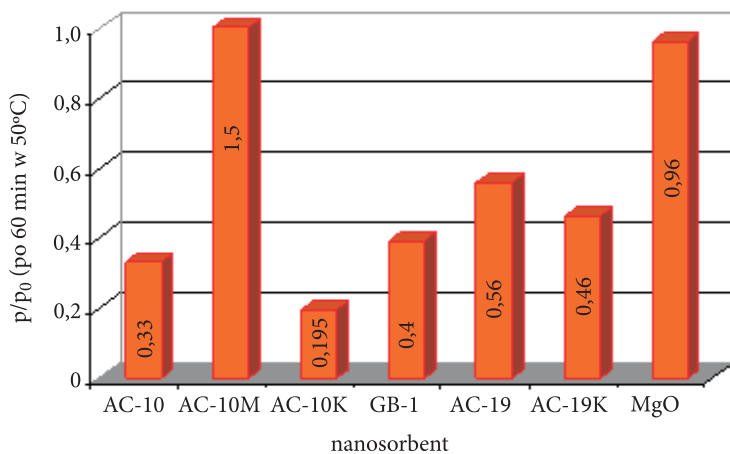
Rys. 5. Skażenia resztkowe somanem po odkażaniu różnymi sorbentami magnezowo-glinowymi i sorbentem IPLS-1

Na szczególną uwagę zasługuje sorbent o symbolu AC-10K. W przeciwieństwie do pozostałych, wykazuje wysoką skuteczność usuwania zarówno iperytu, jak i somanu.

Wysoka efektywność usuwania BST ze skażonych powierzchni jest bardzo ważnym parametrem sorbentów, ale nawet w przypadku całkowitego usunięcia BST z powierzchni pozostaje problem skażonych odpadów sorbentów. Uwalnianie BST ze zużytych sorbentów może być przyczyną skażeń wtórnych. Jest to zjawisko wymagające uwzględnienia, gdyż na skutek silnego rozdrobnienia sorbentu powierzchnia, z której może być uwalniany BST, jest bardzo duża, a zatem w krótkim czasie do atmosfery mogą zostać uwolnione duże ilości BST. Drugim parametrem charakteryzującym sorbent jest zatem prężność par BST nad nim. Na rys. 6 i 7 przedstawiono wyniki pomiarów prężności par BST nad skażonymi sorbentami [10].



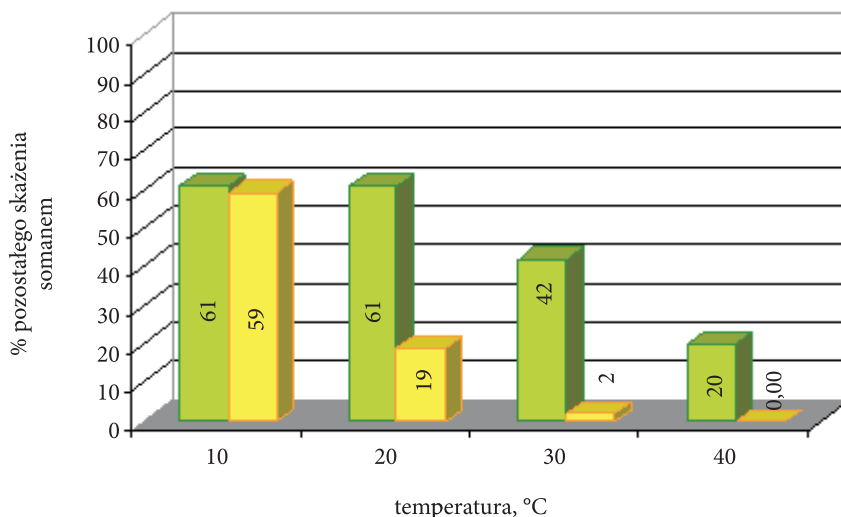
Rys. 6. Względne prężności par iperytu nad sorbentami w temperaturze 50°C (5 mg HD/100 mg sorbentu)



Rys. 7. Względne prężności par somanu nad sorbentami w temperaturze 30°C (5 mg GD/100 mg sorbentu)



Także w tym przypadku sorbent AC-10K wykazywał najkorzystniejsze właściwości, względna prężność par zarówno iperytu, jak i somanu była nad nim mniejsza niż 0,2. Tlenek magnezu, używany jako sorbent w pakiecie IPLS-1, wykazywał niezłą skuteczność w usuwaniu iperytu z powierzchni, ale prężności par BST nad nimi były takie jak nad cieczami BST. Bardzo pożądaną właściwością sorbentów jest zdolność do rozkładu zaadsorbowanych na nich BST. Stanowi to idealne rozwiązanie problemu skażonych odpadów. Właściwość taką udało się potwierdzić w przypadku sorbentu AC-10K w stosunku do somanu. Wyniki badań przedstawiono na rysunku 8 [10]. Już w temperaturze 30°C po dwóch godzinach sorbent ulegał odkażeniu w ponad 97%.



Rys. 8. Ilość somanu pozostającego na sorbentach AC10K i -1 MgO z pakietu IPLS-1 po przechowywaniu skażonych sorbentów (5 mg GD/100 mg sorbentu) przez 2 godz. w temperaturach 10, 20, 30 i 40°C

Pomimo uzyskania bardzo dobrych wyników w badaniach laboratoryjnych i eksploatacyjnych niestety odkaźnika nie wdrożono. Ponadto w roku 2004 wycofano bez zastąpienia normę obronną NO-42-A200:1996, która stanowiła podstawę normatywną do modernizacji lub opracowania nowego pakietu [11].

Nierozwiązany jest problem z elementami wyposażenia żołnierza, a dotyczy to głównie części twarzowej maski, broni, odzieży ochronnej typu izolacyjnego oraz wyposażenia. Wyniki badań pokazują, że część twarzowa maski MP-5 jest podatna na procesy likwidacji skażeń, a maski MP-6 nie [12]. W indywidualnych pakietach brakuje wystarczającej ilości odkaźnika do odkażania broni i wyposażenia. Nie prowadzono badań skuteczności odkażania broni strzeleckiej. Odzież ochronna typu izolacyjnego umożliwia żołnierzowi wykonywanie zadań w warunkach skażeń tylko w stosunkowo krótkim czasie (w zależności od temperatury otoczenia od

15-20 minut do kilku godzin). Nie może ona zapewnić skutecznej ochrony w razie niespodziewanego ataku chemicznego lub biologicznego — jest niehermetyczna [13]. Taką ochronę zapewnia jedynie odzież filtrosorpcyjna powszechnie wprowadzana do SZ RP.

## 2. Operacyjna likwidacja skażeń (częściowa likwidacja skażeń)

Według NO-01-A006 operacyjna likwidacja skażeń, prowadzona przez pojedynczych żołnierzy i/lub siłami pododdziałów w celu zminimalizowania kontaktu z substancjami skażającymi i zmniejszenia niebezpieczeństwa przenoszenia skażeń, zostaje ograniczona do części wyposażenia, uzbrojenia i sprzętu i/lub terenu istotnego dla podtrzymania działań wojsk. Może również obejmować likwidację skażeń stanu osobowego w zakresie większym niż przy prowadzeniu natychmiastowej likwidacji skażeń, a także w niewielkim zakresie likwidację skażeń niewielkich odcinków terenu zasadniczych dla prowadzonych działań [3].

Według regulaminu walki sił lądowych USA, FM 3-5, celem **operacyjnej likwidacji skażeń** jest podtrzymanie działań taktycznych w warunkach skażeń, ograniczenie zagrożenia kontaktem ze środkiem trującym i rozprzestrzeniania się skażeń, aby wyeliminować konieczność lub zmniejszyć czas przebywania w środkach ochrony przed skażeniami. Prowadzona jest indywidualnie i przez pododdziały. Jest ona ograniczona do określonych części najistotniejszego sprzętu lub przestrzeni działania. Konieczne jest późniejsze przeprowadzenie dokładnej likwidacji skażeń, w celu obniżenia stopnia skażenia do dopuszczalnego poziomu.

Operacyjna likwidacja skażeń obejmuje mycie pojazdu i wymianę indywidualnych środków ochrony przed skażeniami. Ogranicza ona przenoszenie skażeń, ponieważ po jej przeprowadzeniu usunięta zostaje większość środka trującego z pojazdu i prawie cała z żołnierzy. Procedury wykonywane w ramach operacyjnej likwidacji skażeń nie pozwalają na zdjęcie masek przeciwgazowych w pobliżu sprzętu, ale umożliwiają odejście od sprzętu pod wiatr i czasowe zdjęcie masek w nieskażonym miejscu lub obiekcie obrony zbiorowej [7].

W SZ RP do operacyjnej likwidacji skażeń sprzętu przewidziano pokładowe zestawy typu ZO, które są dobrym rozwiązaniem, gdyż zapewniają pełną autonomię uzbrojenia i sprzętu wojskowego. Dodatkowo wprowadzenie do wyposażenia Batalionowego Zestawu Likwidacji Skażeń, oprócz zwiększenia możliwości pododdziałów w dziedzinie likwidacji skażeń, umożliwia uzupełnianie zestawów pokładowych w odkaźnik organiczny.

Do rozważenia jest wprowadzenie do systemu małych mobilnych instalacji wyposażonych w myjnie wysokociśnieniowe — takie instalacje są w wyposażeniu armii NATO.

W ramach CPBR.5.10 (bezpieczeństwo jądrowe) opracowano model mobilnej instalacji do likwidacji skażeń (dezaktywacji). Instalacja składała się z [14]:

- podwozia Tarpan Honker;
- dwóch myjni wysokociśnieniowych HDS-750 (myjnia z podgrzewaczem wody) i HD-950 (na zimną wodę);
- zestawu lanc i przewodów wysokociśnieniowych do myjni;
- składanego zbiornika gumowo-tkaninowego o poj. 1000 dm<sup>3</sup>;
- przewodów do zasilania myjni w wodę;
- środków do likwidacji skażeń (środki powierzchniowo czynne, środek do dezaktywacji oparty o EDTA ((kwas (etylenodinitrylo)tetraoctowy, kwas wersenowy, komplekson II).

Badań nie dokończono z powodu zatrzymania budowy elektrowni jądrowej w Żarnowcu. Nie dokończono również badań nad środkiem do dezaktywacji.

W SZ RP nie są znane procedury wymiany skażonych indywidualnych środków ochrony przed skażeniami oraz indywidualnego wyposażenia, w tym broni strzeleckiej.

Nie przeprowadzono badań podatności na likwidację skażeń maskujących powłok lakierniczych na sprzęcie. W składzie odkażalników organicznych z zestawów ZO wchodzi bardzo aktywne chemicznie składniki, między innymi aminoetanolan sodu i 2-etoksyetanolan sodu.

### 3. Całkowita likwidacja

Według NO-01-A006 całkowita likwidacja skażeń przeprowadzana jest siłami jednostki, przy wsparciu z zewnątrz lub bez tego wsparcia, i ma na celu zlikwidowanie skażeń znajdujących się na ludziach, sprzęcie, materiałach i/albo w strefie działań oraz umożliwienie tym samym częściowego lub całkowitego zdjęcia indywidualnych środków ochrony przed skażeniami i prowadzenia działań bojowych przy minimalnym zmniejszeniu możliwości [3].

Według regulaminu walki sił lądowych USA, FM 3-5, celem **dokładnej likwidacji skażeń** jest ograniczenie lub wyeliminowanie konieczności korzystania ze środków ochrony przed skażeniami. Prowadzona jest przez pododdziały przy współdziałaniu z pododdziałami wojsk chemicznych, aby zredukować skażenie żołnierzy, sprzętu i materiałów do możliwie niskiego poziomu umożliwiającego wykonywanie zadań bez środków ochrony ograniczających zdolność bojową. Może również obejmować likwidację skażeń terenu.

W jej zakres wchodzi dokładna likwidacja skażeń sprzętu bojowego (z zewnątrz i wewnątrz) do bezpiecznego poziomu skażenia, wymiana i likwidacja skażeń indywidualnych środków ochrony przed skażeniami oraz dokładna kontrola radiologiczna i chemiczna sprzętu po procesie likwidacji skażeń. Wykonywana jest przez

pododdziały wojsk chemicznych we współdziałaniu ze skażonym pododdziałem. W jej wyniku możliwe jest odtworzenie pełnej zdolności bojowej pododdziału. Po jej wykonaniu konieczna jest okresowa kontrola radiologiczna i chemiczna ze względu na możliwość pozostania śladowych ilości środków trujących lub promieniotwórczych w miejscach trudno dostępnych. Przeprowadza się ją po wykonaniu zadania bojowego przez skażony pododdział, w czasie odtwarzania zdolności bojowej lub po przekroczeniu określonej linii [7].

W SZ RP (głównie w wojskach lądowych) likwidację skażeń organizuje się i wykonuje w celu usunięcia (bądź zneutralizowania) środków promieniotwórczych i toksycznych substancji chemicznych z powierzchni ciała, umundurowania, sprzętu, budowli i terenu. Celem jest również wykluczenie lub maksymalne ograniczenie porażeń i strat żołnierzy powodowanych skażeniami promieniotwórczymi, chemicznymi i biologicznymi oraz obniżenie wielkości skażeń powierzchni sprzętu do poziomu umożliwiającego jego wykorzystanie bez koniecznego działania w indywidualnych środkach ochrony przed skażeniami, a także przywrócenie właściwości użytkowych skażonemu umundurowaniu i środkom ochrony [15].

Likwidacja skażeń według nomenklatury wojsk chemicznych obejmuje: likwidację skażeń osób (zabiegi sanitarne żołnierzy), likwidację skażeń (wg dawnej nomenklatury — zabiegi specjalne) sprzętu bojowego, uzbrojenia, umundurowania, wyposażenia, terenu, budowli i neutralizację toksycznych środków przemysłowych. Realizuje się ją siłami skażonych wojsk za pomocą etatowego sprzętu i środków OPBMR (zestawów i pakietów). Specjalistyczne pododdziały wojsk chemicznych mogą być użyte do likwidacji skażeń tych elementów ugrupowania wojsk, które decydują w danym etapie walki o jej powodzeniu [15, 16].

Likwidacja skażeń stanów osobowych sprawdza się do usunięcia (zneutralizowania) radioaktywnych i toksycznych środków z powierzchni ciała. Dzieli się ją na zabiegi częściowe i całkowite. Środki pozostające w dyspozycji wojsk umożliwiają im prowadzenie jedynie zabiegów częściowych. Całkowita likwidacja skażeń stanów osobowych może być prowadzona przez pododdziały zabiegów sanitarnych, wchodzące organicznie w skład pododdziałów likwidacji skażeń. Te pododdziały rozwijają punkty zabiegów sanitarnych, które stanowią część składową punktów likwidacji skażeń. Zabiegi te mogą być również prowadzone przy wykorzystaniu infrastruktury terenowej (łaznie miejskie, zakładowe i garnizonowe). Całkowite zabiegi sanitarne prowadzi się tylko wówczas, gdy po wykonanej częściowej likwidacji skażeń stopień skażenia promieniotwórczego żołnierzy przekracza wartości bezpieczne. W razie skażenia środkami biologicznymi całkowite zabiegi sanitarne wykonuje się w każdej sytuacji, niezależnie od tego, czy mieli oni nałożoną odzież ochronną i przeprowadzili częściową dezynfekcję [15, 16, 17].

Likwidacja skażeń uzbrojenia, sprzętu bojowego, amunicji oraz innych środków materiałowych może również być częściowa i całkowita. Sprzęt i środki do zabiegów specjalnych, w które są wyposażone wojska, w zdecydowanej większości

przypadków zapewniają im prowadzenie jedynie częściowej likwidacji skażeń. Tylko obsługi wozów bojowych, wyposażonych w zestawy pokładowe (ZOd-2, ZO2, ZO-E), mogą przeprowadzać całkowite odkażanie. W innych przypadkach jest to niemożliwe, z uwagi na zbyt małą pojemność zbiorników na odkażalnik (środki do dezaktywacji) oraz brak pakietów do ponownego sporządzenia roztworu w zestawie.

Całkowitą (gruntowną) likwidację skażeń prowadzą pododdziały likwidacji skażeń na rozwiniętych punktach lub likwidują skażenia bezpośrednio w rejonach rozmieszczenia (w ugrupowaniu) wojsk. Punkty te są rozwijane w zaplanowanych wcześniej rejonach lub w rejonach wyznaczonych doraźnie przez przełożonego.

Umundurowanie, środki ochrony przed skażeniami i oprządzenie mogą być poddawane częściowym zabiegom likwidacji skażeń. Obecnie brakuje sił, środków i metod do likwidacji całkowitej (gruntownej).

Odkażanie i dezynfekcję odcinków terenu oraz dróg i obiektów prowadzi się w celu ochrony ludzi oraz sprzętu bojowego przed wtórnym skażeniem oraz przywrócenia wojskom i jednostkom logistycznym dogodnych warunków ruchu i manewru. Odkażanie i dezynfekcję dróg przeprowadza się w ograniczonym zakresie i tylko wtedy, gdy nie ma możliwości obejścia skażonych odcinków dróg. Mogą być odkażane węzły drogowe, drogi podejścia do rejonów przepraw, dojazdy do składów i magazynów itp. Przede wszystkim odkaża się drogi i przejścia w rejonach skażonych Vx, somanem i iperytem. Pył promieniotwórczy zmywa się wyłącznie z powierzchni asfaltowych i betonowych. Wymienione zadania wykonują pododdziały likwidacji skażeń.

W SZ RP ten element systemu likwidacji skażeń pochodzi z połowy ubiegłego wieku i obecnie jest mało efektywny.

Podstawową instalacją do prowadzenia całkowitej likwidacji skażeń jest instalacja rozlewcza IRS-2M:

- uzbrojenia, pojazdów, sprzętu inżynieryjnego i podobnych urządzeń technicznych;
- obiektów inżynieryjno-budowlanych, terenu oraz dróg;
- prowadzenia zabiegów sanitarnych.

Załogę instalacji stanowi dwóch żołnierzy: dowódca instalacji i kierowca, w celu rozwinięcia wszystkich stanowisk, należy przeznaczyć do obsługi dodatkowych dwunastu żołnierzy.

Instalacja jest zamontowana na podwoziu STAR-266 i składa się z następujących urządzeń: cysterna o pojemności całkowitej 3650 dm<sup>3</sup> (roboczej 3000 dm<sup>3</sup>); pompa mechaniczna; pompa ręczna; węże tłoczne; węże i króćce ssawne; dwanaście prądownic ze szczotką; cztery prądownice strumieniowe; nasadki do likwidacji skażeń terenu; urządzenie prysznicowe (osiem stanowisk).

Całość pozwala na uzyskanie następujących możliwości: odkażanie sprzętu za pomocą prądownic ze szczotkami — do 12 pojazdów/godz.; likwidacja skażeń pasa drogi (terenu) o szerokości 5-6 m i długości 350 m (jednym napełnieniem

cysterny); likwidacja skażeń promieniotwórczych za pomocą prądownic strumieniowych — do 6 pojazdów/godz.; likwidacja skażeń ludzi (kąpiel pod urządzeniem prysznicowym) — do 96 osób/godz.

Zmodernizowana instalacja IRS-2C przeznaczona jest do prowadzenia procesów w ramach operacyjnej i całkowitej likwidacji skażeń:

- uzbrojenia, pojazdów, sprzętu inżynierskiego i podobnych urządzeń technicznych;
- wewnątrz;
- utwardzonych elementów infrastruktury;
- prowadzenia zabiegów sanitarnych.

W ramach modernizacji instalacji zmniejszono pojemność całkowitą cysterny do 2500 dm<sup>3</sup> (pojemność robocza 2000 dm<sup>3</sup>) oraz wyposażono dodatkowo w:

- dwie myjnie wysokociśnieniowe SANIJET C.921D wraz z wyposażeniem do prowadzenia procesów likwidacji skażeń;
- dwa pomosty do zdejmowania i nakładania myjni;
- wyciągarkę do zdejmowania i nakładania myjni;
- cztery urządzenia pneumatyczno-hydrauliczne do prowadzenia procesów likwidacji skażeń;
- kolektor do zmywania powierzchni utwardzonych;
- kolektor do zasilania myjni wysokociśnieniowych z cysterny instalacji;
- kolektor do zasilania urządzeń pianowych z układu sprężonego powietrza instalacji IRS-2;
- wypośny zbiornik gumowy;
- pompę pływakową;
- skrzynię na wyposażenie myjni i urządzeń pianowych [18].

Wyposażenie to pozwala osiągnąć następujące parametry:

- likwidacja skażeń podgrzanymi roztworami środków do likwidacji skażeń pod ciśnieniem do 0,6 MPa:
  - a) prądownicami strumieniowymi — 4 stanowiska,
  - b) prądownicami ze szczotkami — 6 stanowisk,
  - c) zabiegi sanitarne — 8 stanowisk,
- likwidacja skażeń wodą zimną (gorącą do 90°C) pod ciśnieniem  $p \gg 9,0$  MPa;
- likwidacja skażeń wodą zimną (gorącą do 90°C) ze środkami powierzchniowo czynnymi pod ciśnieniem  $p \gg 9,0$  MPa;
- likwidacja skażeń odkażalnikami proszkowymi (około 3 dm<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>) pod ciśnieniem  $p = 8,5$  MPa;
- likwidacja skażeń parą wodną ( $t = 150-180^\circ\text{C}$ ) pod ciśnieniem  $p = 2,0$  MPa;
- zmywanie powierzchni utwardzonych wodą zimną (gorącą do 90°C) ze środkami powierzchniowo czyszczącymi pod ciśnieniem  $p = 4,0$  MPa [18].

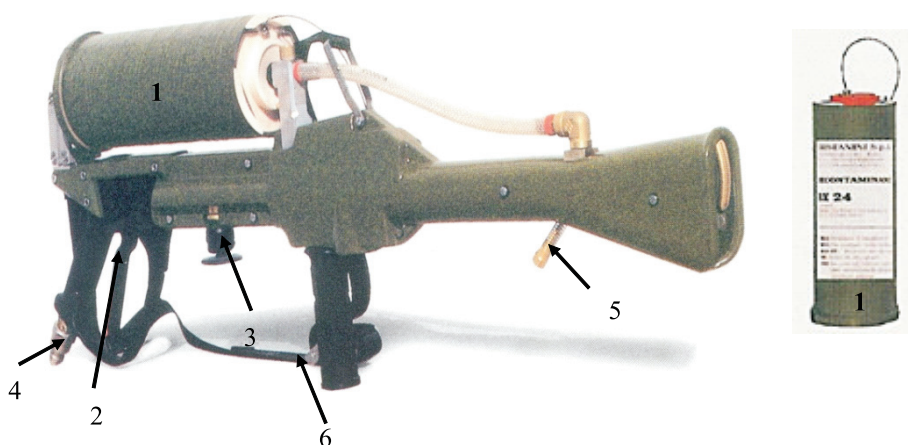
Możliwości IRS-2C są zbliżone do IRS-2M, ale myjnie SANIJET C.921D dodatkowo zwiększają wydajność procesów likwidacji skażeń:

- odkazanie sprzętu za pomocą prądownic ze szczotkami — do 12 pojazdów/godz., dodatkowo użyte myjnie zwiększają tę liczbę o 6 do 12 pojazdów/godz.;
- likwidacja skażeń pasa drogi (terenu) o szerokości 5-6 m i długości 230 m (jednym napełnieniem cysterny);
- likwidacja skażeń promieniotwórczych za pomocą prądownic strumieniowych — do 6 pojazdów/godz.; dodatkowe użycie myjni zwiększa tę liczbę o 3 do 6 pojazdów/godz.;
- likwidacja skażeń ludzi (kąpiel pod urządzeniem prysznicowym) — do 96 osób/godz., każda myjnia SANIJET C.921D może ogrzać wodę, uzyskując wydajność do 96 osób/godz. (przy współpracy z ŁPN — brak większej liczby urządzeń prysznicowych na wyposażeniu IRS-2C) [18].



Rys. 9. Instalacja IRS 2C z zdjętym urządzeniem SANIJET C.921 [19]

Do odkazania (dezynfekcji) dla instalacji IRS-2C (z lancy SANIJET GUN) opracowano odkazalnik proszkowy UOP [20]. Składa się z: soli sodowej kwasu dichloroizocyjanonurowego 60% wag. odkazalnika (substancja utleniająca), 12% wag. bezwodnego węgla sodowego (stabilizuje odczyn roztworu), 10% wag. tripolifosforanu sodowego (substancja zmiękczaąca), 17,8% wag. rosulfanu LP (substancja powierzchniowo czynna), 0,2% wagowego cublenu (środek antykorozyjny, kompleksujący jony metali ciężkich, stabilizuje związki łatwo utleniające się). Metoda odkazania za pomocą emulsji UOP odpowiada rozwiązaniom istniejącym w NATO.



Rys. 10. Lanca SANIJET GUN: 1 - pojemnik na odkażalnik proszkowy; 2 - zawór (spust) odcinający wodę; 3 - zawór rodzaju pracy lancy: (A) zawór wciśnięty, podawanie substancji aktywnych w postaci proszków, (B) zawór wyciągnięty, zmywanie wodą pod wysokim ciśnieniem; 4 - króciec do podłączenia węża wysokociśnieniowego; 5 - urządzenie do udrażniania ejektora; 6 - pas nośny



Rys. 11. Likwidacja skażeń z wykorzystaniem IRS-2C: a) zmywanie wodą pod wysokim ciśnieniem; b) likwidacja skażeń z lancy SANIJET GUN; c) likwidacja skażeń parą wodną



Do likwidacji skażeń osób w SZ RP wykorzystywana jest łaźnia polowo-namiotowa ŁPN z urządzeniem grzejnym UG-72 (UG-65). W skład łaźni wchodzi:

- środki transportowe (samochód ciężarowo-terenowy oraz przyczepa jednośladowa),
- urządzenie grzejne UG służące do podgrzania wody,
- trzy namioty typu NS-62 lub NPS (jeden przeznaczony na rozbieralnię, drugi umywalnię, a trzeci ubieralnię),
- gumowo-tkaninowe zbiorniki na wodę
- oraz pomocnicze wyposażenie łaźni.

W celu przeprowadzenia całkowitych zabiegów sanitarnych, łaźnię polowo-namiotową rozwija się na placu likwidacji skażeń skażonego personelu, wchodzi to w skład przedsięwzięć związanych z przygotowaniem łaźni do użycia.

Istniejący w SZ RP system likwidacji skażeń osób jest anachroniczny. Jak wspomniano, oparty jest o zestaw namiotowy z przestarzałym układem do podgrzewania wody (bez systemu oczyszczania powietrza) wraz z układem wejścia w postaci ram prysznicowych i mokrą (z podchlorynem) metodą likwidacji skażeń broni.

Likwidacja skażeń stanów osobowych powinna być prowadzona przy punktach likwidacji skażeń sprzętu kompleksowo, np. przy użyciu modułu z platformy. Mogą to być inne rozwiązania, np. łaźnie kontenerowe lub kontenerowo-namiotowe.

Po rozwiązaniu w SZ RP podziałów tzw. odkażania umundurowania powstała pustka. Jeżeli założyć, że odzież ochronna filtrosorpcyjna wraz z elementami izolacyjnymi (obuwie, rękawice, narzutka) oraz maska przeciwigazowa są jednorazowego użytku, to sprawa nadal nie jest rozwiązana. Pozostaje wyposażenie, np. kamizelki kuloodporne, broń i inne elementy wyposażenia, których nie traktuje się jako jednorazowych, a więc powinny być poddane procesom likwidacji skażeń. Częściowo rozwiązany jest problem likwidacji powracających do kraju kontyngentów. W SZ RP w przypadku konieczności prowadzenia tzw. masowej dezynfekcji (wyposażenie powracającego kontyngentu) wykorzystywana jest podręczna metoda oparta o **kwas nadoctowy** jako czynnik biobójczy [21]. Skuteczność mikrobiologiczna kwasu nadoctowego zależy od pH. W środowisku kwaśnym jest ona lepsza niż w zasadowym. Skuteczność przeciw bakteriom niestworzającym przetrwalników (np. wg EN 1276) osiągnięta jest przy pH 3 już od około 50 ppm nawet przy +4°C w ciągu 5 minut. Dla osiągnięcia tej samej skuteczności bakteriobójczej przy pH 8 konieczne jest stężenie 300 ppm [21]. Roztwory kwasu nadoctowego o stężeniu powyżej 5% uważane są za niebezpieczne. W dezynfekcji zazwyczaj wykorzystywane są roztwory o stężeniu od 5 do 15%, więc są one niebezpieczne dla człowieka. Odporność urządzeń skonstruowanych z metali lub tworzyw sztucznych, gdy są one odkażane za pomocą kwasu nadoctowego, podobnie jak w przypadku wszystkich systemów opierających się na kwasach/zasadach, jest uzależniona od wartości pH roztworu.

W SZ RP brakuje w chwili obecnej technologii i środków do likwidacji skażeń wyposażenia, aparatury elektronicznej i optoelektronicznej, wyrobów papierowych oraz wewnątrz techniki wojskowej niepodatnych na likwidację skażeń metodami „mokrymi”.

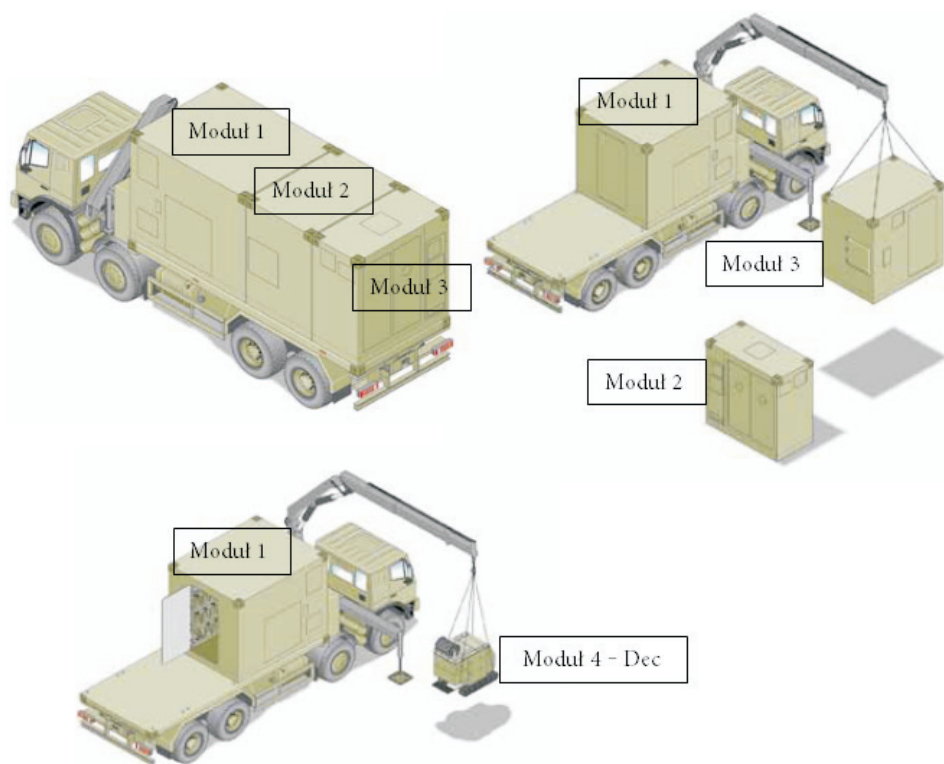
Bardzo ważnym, a nierozwiązanym problemem jest likwidacja skażeń odzieży ochronnej. Jeżeli założyć, że powszechnie będzie używana odzież filtrosorpcyjna z elementami izolacyjnymi (buty, rękawice, narzutka) jednorazowego użytku, to problem będzie polegał na ich wymianie prawdopodobnie w ramach operacyjnej likwidacji skażeń, czyli powinny być opracowane odpowiednie procedury oraz zabezpieczenie logistyczne. Do rozwiązania pozostanie problem likwidacji skażeń broni osobistej i hełmów.

W armiach NATO do całkowitej (gruntownej) likwidacji skażeń wykorzystuje się specjalistyczne platformy. Przykładem takiego rozwiązania może być system modułowy TEP-90 grupy Kärcher [22]. Platforma charakteryzuje się czterema modułami i wysięgnikiem, wszystko jest zamontowane na podwoziu ciężarówki. Całą platformę mogą rozłożyć do pracy trzy osoby w ciągu 20 minut. Składa się z czterech modułów:

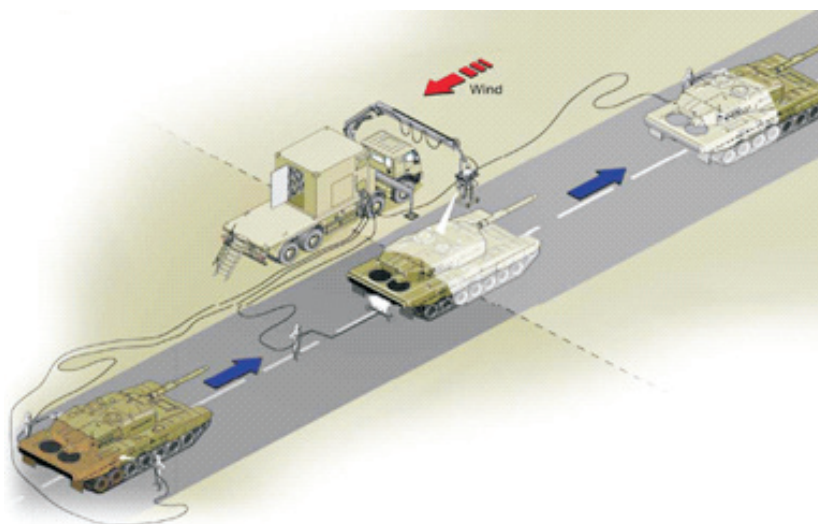
- 1) pierwszy zawiera sprzęt do likwidacji skażeń dużych pojazdów na zewnątrz i terenu, z uwzględnieniem współpracy z wysięgnikiem;
- 2) drugi jest przeznaczony do likwidacji skażeń wyposażenia, sprzętu osobistego oraz materiałów wrażliwych (para wodna o temp.  $\sim 170^{\circ}\text{C}$ );
- 3) trzeci przeznaczony jest do prowadzenia likwidacji skażeń stanów osobowych (zabiegi sanitarne) — namiot i urządzenie prysznicowe;
- 4) czwarty, „Decon Shuttle”, urządzenie mobilne stosowane do likwidacji skażeń wewnątrz.

Całość jest przystosowana do transportu morskiego, kolejowego i powietrznego. Wydajność likwidacji skażeń na godzinę:

osób	40
uzbrojenia i sprzętu	do 20 zestawów
terenu	1500 m <sup>2</sup> (jedno napełnienie zbiornika)
pojazdów	4 do 6 czołgów lub 6 do 10 pojazdów lub 1 samolot
sprzęt wrażliwy na odkażanie tradycyjne	do 20 zestawów
odzież ochronna	do 20 zestawów
likwidacja skażeń wewnątrz	urządzenie do 500 m <sup>3</sup> /do 4 pojazdów lub do 1 samolotu
odcinki dróg (jako alternatywa dla dużych pojazdów)	do 1500 m <sup>2</sup>



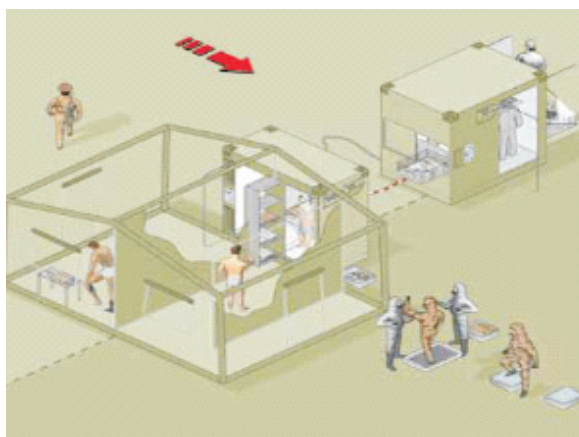
Rys. 12. TEP 90 złożony i rozłożony. Podczas zdejmowania modułu 2 i 3.  
Zdejmowanie modułu 4 — Decon Shuttle



Rys. 13. TEP 90, moduł numer 1, podczas odkażania trójstopniowego z użyciem wysięgnika



Rys. 14. TEP 90, moduł numer 1, likwidacja skażeń powierzchni utwardzonych



Rys. 15. TEP 90, moduł 2 i 3

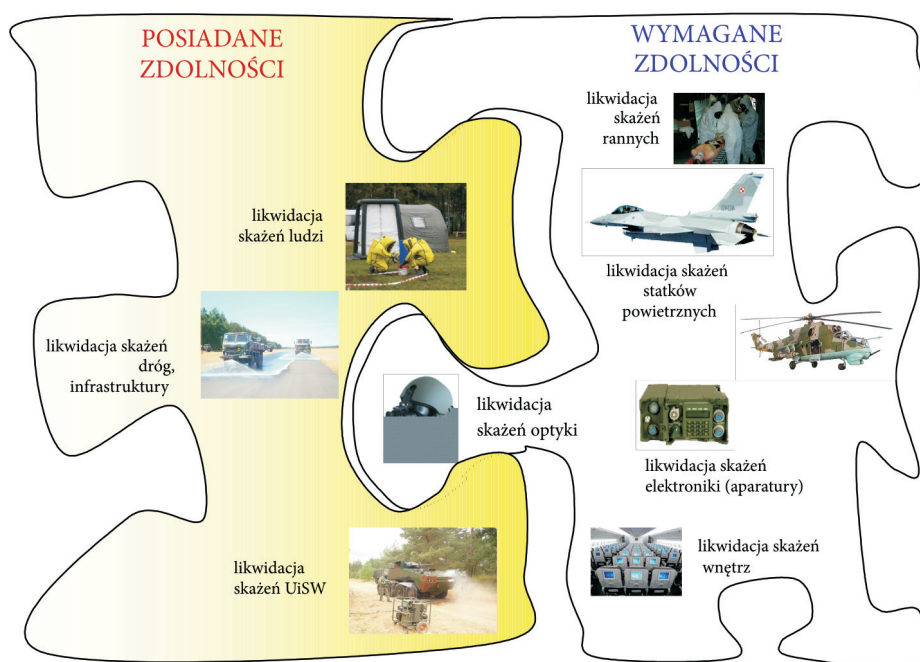


Rys. 16. TEP 90, moduł 4

Moduł 4 (Decon transfer) jest przeznaczony do samodzielnej likwidacji skażeń wewnątrz pojazdów, śmigłowców, samolotów itp. Likwidacja skażeń oparta jest na chemisorpcji. Preparat natrykiwany jest na powierzchnię, a po wyschnięciu odsysany (odkurzany).

## 4. Podsumowanie

Środki ochrony indywidualnej, nawet najbardziej doskonałe, po nałożeniu zawsze będą utrudniać działania żołnierzy. Warunki do nieskrępowanego wykonywania zadań w rejonach skażonych stwarzają jedynie zbiorowe środki ochrony. Żołnierze mający dostęp do tych środków mają odpowiednie warunki do odpoczynku, spożywania posiłków oraz wydajnej pracy. Stąd też wojska powinny dysponować nowoczesną generacją zarówno ruchomych środków ochrony przed skażeniami (wozy bojowe wyposażone w urządzenia filtrowentylacyjne), jak i stacjonarnych (wszelkiego rodzaju schrony polowe i obiekty fortyfikacyjne wyposażone w urządzenia filtrowentylacyjne).



Rys. 17. Likwidacja skażeń — zdolności i potrzeby [5]

W kraju istnieją odpowiednie opracowania techniczne i technologiczne. W ramach projektu badawczego: *Technologie i oprzyrządowanie do likwidacji skażeń chemicznych oporządzenia żołnierza, wrażliwych powierzchni aparatury i wnętrza techniki wojskowej przy użyciu nanosorbentów* [23]:

- opracowano zmodernizowaną wersję indywidualnego pakietu do likwidacji skażeń z wykorzystaniem nanostrukturalnego odkażalnika i elementów dotychczas stosowanego pakietu IPLS-1;

- opracowano, wykonano i przebadano autonomiczny zestaw do likwidacji skażeń nanostrukturalnym odkaźnikiem (z zastosowaniem technologii TRIBO);
- opracowano, wykonano i przebadano mobilny zestaw do likwidacji skażeń przy użyciu nanostrukturalnego odkaźnika z zastosowaniem technologii KORONA.

W części pracy dotyczącej modernizacji indywidualnego pakietu likwidacji skażeń IPLS-1 opracowano nową konstrukcję rękawicy umożliwiającej efektywne wykorzystanie nanosorpcyjnego odkaźnika i pozostałe elementy pakietu dostosowane do przyjętej technologii likwidacji skażeń oraz wykonano partię 30 sztuk nowego pakietu. Przeprowadzone poligonowe badania, letnie i zimowe, likwidacji skażeń z użyciem zmodernizowanego pakietu dały pozytywne wyniki. Uzyskano wymagany stopień odkażenia. Jednocześnie spełniony został drugi zakładany w pracy cel, tzn. istotne zmniejszenie masy pakietu (o 28%).



Rys. 18. Likwidacja skażeń broni strzeleckiej i elementów wyposażenia rękawicą z nanosorbentami [24]

W ramach projektu badawczo-rozwojowego nr OR00001812 pt. *Opracowanie technologii dekontaminacji dużych przestrzeni zamkniętych za pomocą gazowego nadtlenu wodoru oraz jego mieszanin z nadtlenkami organicznymi i nieorganicznymi, amoniakiem oraz aminami* przeprowadzono badania skuteczności dezynfekcji i odkażenia za pomocą gazowego (waporyzowanego) nadtlenu wodoru, wykonano instalację kontenerową oraz przeprowadzono badania kompatybilności materiałowej [25].

W badaniach potwierdzono bardzo wysoką skuteczność gazowego nadtlenu wodoru w stosunku do sporów bakteryjnych (*Geobacillus stearothermophilus*, *Bacillus subtilis*), grzybów pleśniowych (*Aspergillus niger*), grzybów drożdżopodobnych (*Candida albicans*), bakterii Gram-dodatnich (*Enterococcus hirae*, *Staphylococcus aureus*), bakterii Gram-ujemnych (*Escherichia coli*, *Pseudomonas aeruginosa*) przy stężeniu gazowego nadtlenu wodoru – 2000 ppm w czasie 10 minut [26].

W badaniach potwierdzono bardzo wysoką skuteczność gazowego nadtlenu wodoru przy odkażaniu powierzchni metalowych, pokryć lakierniczych, wyrobów tekstylnych i wykonanych z materiałów gumowych i gumopodobnych oraz tworzyw sztucznych [27, 28].

Potwierdzono kompatybilność materiałową w stosunku do materiałów wykonanych z metali, tworzyw sztucznych, tkanin, gumy, papieru oraz sprzętu elektronicznego, optycznego i optoelektronicznego [29].

Problematyka obrony przed bronią masowego rażenia, a w szczególności likwidacji skażeń wymaga nieustannej uwagi, gdyż zagrożenie uderzeniem bronią masowego rażenia, głównie chemiczną, nie zostało całkowicie wykluczone. Obecna skala zagrożenia wymusza podejmowanie kroków w kierunku doskonalenia sposobów przygotowania wojsk do działania w przypadku użycia BMR lub wystąpienia skażeń pochodzenia pozamilitarnego, głównie przemysłowych.

W aspekcie proceduralnym również pojawiają się kwestie do rozwiązania, co najlepiej obrazują niespójności doktryny DD/3.8 z instrukcjami dotyczącymi prowadzenia likwidacji skażeń i podręcznikami taktyki wojsk chemicznych. Spowodowane są one przedawnieniem treści zawartych w tych drugich. Należałoby więc jednoznacznie ustalić procedury prowadzenia likwidacji skażeń i ich rozumienie, aby nie kontynuować panującego obecnie w SZ RP zamieszania terminologicznego i metodologicznego (kiedy, kto, jak i czym).

Istniejący w SZ RP system powinien ulec modernizacji i adaptacji do rozwiązań istniejących w armiach NATO. Oprócz zmian proceduralnych i normalizacyjnych, zmiany powinny dotyczyć rozwiązań technicznych.

## 5. Wnioski

1. W SZ RP brakuje wystarczających uregulowań normalizacyjnych dotyczących natychmiastowej likwidacji skażeń z uwzględnieniem zabiegów sanitarnych. Informacje zawarte w instrukcjach i podręcznikach są niespójne z dokumentami standaryzacyjnymi NATO i wymagają pilnego dostosowania do współczesnych wymagań.
2. SZ RP nie posiadają rozwiązań do kompleksowej likwidacji skażeń sprzętu i wyposażenia (podwozia, duże gabaryty, wnętrza, powierzchnie wrażliwe, sprzęt uszkodzony, a przewidziany do naprawy) oraz zabiegów sanitarnych stanów osobowych pod względem technicznym, technologicznym i proceduralnym.
3. Warunkiem uzyskania pozytywnych rezultatów likwidacji skażeń jest wykonanie jej w jak najkrótszym czasie przy użyciu efektywnej i skutecznej technologii. Wymaga to wprowadzania do wyposażenia SZ RP nowoczesnych opracowań technicznych, technologicznych i proceduralnych oraz określenia priorytetów.

Praca została dofinansowana z dotacji przyznanych przez Ministra Nauki i Szkolnictwa Wyższego na prowadzenie działalności statutowej PBS 23-656/WAT w latach 2016-2018, pt.: „Implementacja zaawansowanych metod analitycznych do wojskowego systemu rozpoznania skażeń chemicznych, biologicznych i radiologicznych (CBR).

Artykuł wpłynął do redakcji 26.02.2018. Zweryfikowaną wersję po recenzjach otrzymano 23.03.2018.

#### LITERATURA

- [1] *Obrona przed bronią masowego rażenia w operacjach połączonych DD/3.8(A)*, Ministerstwo Obrony Narodowej, Centrum Doktryn i Szkolenia Sił Zbrojnych, Szkol. 869/2013.
- [2] SOLARZ J., *Dylematy likwidacji skażeń (artykuł dyskusyjny)*, Przegląd Wojsk Lądowych, nr 6 (012), czerwiec 2008.
- [3] NO-01-A006:2010 *Obrona przed bronią masowego rażenia — Terminologia*.
- [4] HARMATA W., *Problemy indywidualnego odkażania umundurowania*, Biuletyn Informacyjny WICHiR, Warszawa, nr 1, 15, 88, 1988.
- [5] HARMATA W., *Ochrona przed skażeniami. Cz. IV. Wybrane zagadnienia metodologiczne, organizacyjne i techniczne likwidacji skażeń*, WAT, Warszawa, 2017 (materiały niepublikowane).
- [6] *Podręcznik walki pododdziałów wojsk zmechanizowanych (drużyna, pluton)*, DWŁąd, Warszawa, 1999.
- [7] *Regulamin walki sił lądowych USA*, FM 3-5, NBC Decontamination, Headquarters, Department of the Army, Fort Monroe, VA-23651-5168.
- [8] HARMATA W. i in., *Sprawozdanie z badań indywidualnego pakietu przeciwchemicznego IPP-2001*, WICHiR-ONIW-769/2001.
- [9] HARMATA W., CZERWIŃSKI P., MARCINIAK W., KOWALSKA G., RATAJEWSKA K., *Indywidualne środki do zabiegów specjalnych. Indywidualny pakiet przeciwchemiczny. Projekt wstępny, wykonanie i badanie układów modelowych. Realizacja pracy badawczo-wdrożeniowej*, ATLAS, Wyd. WICHiR-ONIW-678/2000.
- [10] PIRSZEL J., MARCINIAK W., KUŹNIA E., SERWICKA E.M., *Sorbenty nanostrukturalne — nowa generacja środków do likwidacji skażeń chemicznych*, WICHiR, Warszawa, 2012.
- [11] NO-42-A200:1996. *Indywidualny pakiet przeciwchemiczny — Wymagania ogólne i metody badań*.
- [12] HARMATA W. i in., *Sprawozdanie z badań kwalifikacyjnych partii prototypowej maski MP-6, protokół z badań nr 4.1.34*, WICHiR, Warszawa, 2008.
- [13] HARMATA W., RYBANDT T., *Odkażanie umundurowania. Uzupełnienie reżimów technologicznych odkażania w polowych pralniach wodnych SP-117M. Weryfikacja technologii odkażania w instalacjach AGW-3U i BU-4 w warunkach laboratoryjnych oraz opracowanie wniosków z ćwiczenia taktycznego kompanii odkażania umundurowania w 4 pchem. Praca badawczo-rozwojowa o kryptonimie SCYLLA-07*, Wyd. WICHiR S/47 1986.
- [14] HARMATA W., *Parowo-wodne urządzenie do zabiegów specjalnych metodą wysokociśnieniową. Wstępne wymagania techniczne na partię prototypową. Praca badawczo-rozwojowa realizowana w ramach KBN*, Wyd. WICHiR-ONIW-21/91.
- [15] HARMATA W., *Prowadzenie likwidacji skażeń w operacjach obronnych na terytorium kraju, rozprawa habilitacyjna*, AON, Warszawa, 1993.
- [16] *Zabiegi sanitarne żołnierzy oraz zabiegi specjalne sprzętu bojowego*, Chem.287/79, MON, Warszawa, 1980.



- [17] CZAPSKI A., *Sprzęt i środki do operacyjnej likwidacji skażeń. Problemy natychmiastowej likwidacji skażeń odkrytych powierzchni skóry, umundurowania, elementów oporządzenia i broni strzeleckiej*, praca dyplomowa, WAT, Warszawa 2012.
- [18] HARMATA W., *Projekt instrukcji zmodernizowanej instalacji rozlewczej IRS-2C – użytkowanie i obsługiwane techniczne*, Wyd. WICHiR 2002 r. Projekt celowy Nr 148-240/C-T00/99: *Instalacja do likwidacji skażeń układami zdyspergowanymi*.
- [19] Instalacja IRS-2C, Maskpol, Materiały producenta Polski Holding Obronny, [www.pho.pl/cms/att/sprzetuslugi/30\\_maskpol\\_irs2c.pdf](http://www.pho.pl/cms/att/sprzetuslugi/30_maskpol_irs2c.pdf) (dostęp: 12.2017).
- [20] MARCINIAK W., WERTEJUK Z., RATAJEWSKA K., HARMATA W., Patent nr 210826/2007 – *Odkazalnik proszkowy*.
- [21] MEYER B., *Kwas nadctowy jako substancja czynna w dezynfekcji*, *Aseptyka*, nr 3, 2002, s. 11-16.
- [22] [http://www.karcher-futuretech.com/versions/futuretech/assets/TEP\\_90\\_en.pdf](http://www.karcher-futuretech.com/versions/futuretech/assets/TEP_90_en.pdf) (dostęp: 03.2017).
- [23] Syntetyczny opis projektu nr OR00000412, WICHiR, Warszawa 2009.
- [24] MARCINIAK W., *Technologie i oprzyrządowanie do likwidacji skażeń chemicznych oporządzenia żołnierza, wrażliwych powierzchni aparatury i wnętrza techniki wojskowej przy użyciu nanosorbentów*, materiały z realizacji projektu badawczego nr OR00000412.
- [25] KŁOSOWICZ S., HARMATA W., PIRSZEL J., FEDIUK W., *Projekt badawczo-rozwojowy nr OR00001812 „Opracowanie technologii dekontaminacji dużych przestrzeni zamkniętych za pomocą gazowego nadtlenu wodoru oraz jego mieszanin z nadtlenkami organicznymi i nieorganicznymi, amoniakiem oraz aminami”*, finansowany przez Ministerstwo Nauki i Szkolnictwa Wyższego.
- [26] HARMATA W., KŁOSOWICZ S., CHAŁUPCZAK M., PEPCZYŃSKA M., FEDIUK W., *Dezynfekcja za pomocą par nadtlenu wodoru*, *Przem. Chem.* 92, 5, XX, 2013, s. 698-704.
- [27] HARMATA W., KŁOSOWICZ S., CHAŁUPCZAK M., PEPCZYŃSKA M., PIRSZEL J., *Mobilny system do odkażania materiałów barierowych i sprzętu skażonych iperytem siarkowym*, *Przem. Chem.* 93/4, 2014, s. 468-471.
- [28] HARMATA W., KŁOSOWICZ S., CHAŁUPCZAK M., WITCZAK M., PIRSZEL J., *Problemy likwidacji skażeń powierzchni „wrażliwych”. Komunikat naukowy na konferencję naukową „Ochrona człowieka i środowiska naturalnego przed skażeniami”*, WICHiR, Warszawa, 2014.
- [29] HARMATA W., MARKOWSKA A., PIRSZEL J., *Dezynfekcja powierzchni „wrażliwych”*, *Bezpieczeństwo i Technika Pożarnicza, BITP* vol. 47, 3, 2017, pp. 26-42.

W. HARMATA

### Problems of decontamination

**Abstract:** The work describes the elimination of contamination as a system for securing troops in the event of contamination in a functional and task approach. A critical analysis of technical equipment and post-contamination procedures was presented.

**Keywords:** nuclear, biological and chemical defence, decontamination, decontamination, disinfection, deactivation

**DOI:** 10.5604/01.3001.0012.8517

