

bryg. dr hab. inż. **Andrzej MIZERSKI**¹

PIANY JAKO NOŚNIKI CHEMICZNYCH ŚRODKÓW NEUTRALIZACJI SKAŻEŃ

Foams as carriers of chemicals for neutralizing contamination

Streszczenie

W przypadku likwidacji resztkowych skażeń, nie dających się usunąć metodami mechanicznymi i fizycznymi, wygodnym w stosowaniu środkiem mogą być piany dekontaminacyjne. W odróżnieniu od roztworów odkażających mogą długo utrzymywać się na powierzchniach pionowych, ukośnych i stropach. Ważną zaletą praktyczną stosowania pian jest ich widoczność, a to szczególnie istotne przy wykonywaniu zabiegów na dużych powierzchniach i konstrukcjach przestrzennych. Piany dekontaminacyjne można wytwarzać, korzystając z dostępnych na rynku urządzeń i specjalnych preparatów. Na ogół aktywne środki chemiczne dodawane są do roztworów specjalnych koncentratów pianotwórczych. Na uwagę zasługują koncentraty na bazie surfaktantów kationowych, o dobrych właściwościach biobójczych, nawet bez specjalnych dodatków. Takie piany byłyby przydatne np. podczas działań związanych z likwidacją ognisk ptasiej grypy w 2007 r., gdy odkażano kurniki o dużej kubaturze. Konieczność przeprowadzania zabiegów dekontaminacyjnych w dużej skali zdarza się na szczęście rzadko, więc utrzymywanie specjalnych urządzeń i preparatów do wytwarzania aktywnych pian zwykle nie jest konieczne. Można jednak wytwarzać stosunkowo trwałe piany dekontaminacyjne, używając standardowych środków pianotwórczych typu S oraz łatwo dostępnych substancji o charakterze kwasów, zasad i utleniaczy, za pomocą sprzętu pianowego stosowanego w działaniach gaśniczych. Badania potwierdziły skuteczność takich pian przy usuwaniu skażeń chemicznych i biologicznych.

Summary

In case of liquidation of residual pollution which can not be removed by mechanical and physical methods, comfortable in the use can be decontaminating foams. In contrast to the solutions of disinfecting, foams may remain long on surfaces: vertical, inclined and ceilings. Important practical advantage of the use of foams is their visibility, which is especially important when operations are performing on large surfaces and spatial constructions. Decontaminating foams can be prepared by using commercially available equipment and special preparations. Generally active chemical agents are added to the solution of special foam concentrates. Especially noteworthy are concentrates based on cationic surfactants with good biocidal properties, even without the special additives. These foams could be useful for example during operations decommissioning outbreaks of avian influenza in 2007, when a large volume chicken coops were disinfected. Necessity of carrying out the decontamination operations on a large scale occurs fortunately rarely thus maintaining the special equipment and preparations for the production of active foam is usually not appropriate. You can, however, produce relatively stable decontaminating foams, using standard S-foaming agents, and easily available substances as acids, bases and oxidizing agents, using foam equipment used in fire-fighting operations. The research confirmed the effectiveness of such foams in removing chemical and biological pollution.

Słowa kluczowe: dekontaminacja, środki pianotwórcze, piany, utleniacze;

Keywords: decontamination, foaming agents, foams, oxidisers;

Wprowadzenie

Trudnym wyzwaniem dla straży pożarnych są działania związane z likwidacją skutków uwolnienia szkodliwych i niebezpiecznych substancji, w wyniku awarii przemysłowych, kolizji i katastrof transportowych lub działań celowych. Od kilkunastu lat istnieje zagrożenie atakami terrorystycznymi z użyciem bojowych środków chemicznych i broni biologicznej. Na przełomie lat 2001-2002 miały miejsce przypadki celowego zanieczyszczenia pomiesz-

czeń i przesyłek pocztowych przetrwalnikami węglowymi. Ubocznym efektem tych incydentów były częste interwencje straży pożarnych, związane z podejrzeniem skażenia biologicznego. Służby ratownicze musiały się więc przygotować do rozpoznawania i likwidacji skażeń substancjami toksycznymi, patogenami i materiałami radioaktywnymi, wskutek działań sabotażowych lub terrorystycznych. Rozwinęły się techniki detekcji, techniczne i chemiczne środki służące do usuwania i likwidacji zanieczyszczeń. Większy jest zasób wiedzy o metodach

¹ prof. SGSP, Szkoła Główna Służby Pożarniczej

identyfikacji skażenia, ocenie zagrożeń, oraz sposobach usuwania uwolnionych substancji, a także dekontaminacji ludzi, sprzętu i terenu. Dekontaminację ludzi i sprzętu prowadzi się w kontrolowanych warunkach, na wydzielonej powierzchni lub w zamkniętych pomieszczeniach. Natomiast dekontaminacja terenu lub pomieszczeń wymaga nie tylko posiadania odpowiednich środków technicznych i chemicznych, ale także obecności ekspertów, ponieważ nie zawsze można przewidzieć zachowania się niebezpiecznej substancji w określonych warunkach i trzeba szybko reagować na nieprzewidziane sytuacje. Wśród sposobów aplikacji środków likwidacji skażeń pod uwagę brać należy także piany, pożarniczy sprzęt oraz środki pianotwórcze środki gaśnicze. Piany, które wykazują aktywność chemiczną lub biobójczą, nazywane są *pianami dekontaminacyjnymi*. Piany, które są aktywne chemicznie, zwykle wykazują także działanie biobójcze.

Korzyści wynikające ze stosowania pian dekontaminacyjnych

Większość substancji aktywnych chemicznie lub biologicznie stosowana jest w postaci roztworów wodnych. Można je więc podawać rozproszonymi prądami przy użyciu powszechnie dostępnych urządzeń nisko- lub wysokociśnieniowych. Większość skażenia zostaje wówczas zmyta z odkażanej powierzchni i reakcje zachodzą w cieczy na poziomym podłożu. Aby mieć pewność skutecznego działania, roztwory dekontaminacyjne stosuje się w nadmiarze.

Używając pian do dekontaminacji, szczególnie podczas działań na dużą skalę, można oczekiwać oczywistych korzyści. W porównaniu z roztworami, piany znacznie dłużej utrzymują się na powierzchniach pionowych i stropach. Zapewnia to przedłużony kontakt skażenia z odkaźnikiem. Można też oczekiwać zmniejszenia zużycia do likwidacji skażeń środków chemicznych, które same są na ogół substancjami niebezpiecznymi. Przebieg dekontaminacji może być łatwo kontrolowany dzięki dobrej widoczności miejsca naniesienia piany, co jest znacznie trudniejsze w przypadku stosowania roztworów. Zawarte w pianie surfaktanty ułatwiają usuwanie skażenia z powierzchni, szczególnie w przypadku substancji nierozpuszczalnych w wodzie. Warstwa piany zabezpiecza przed przedostawaniem się do atmosfery par likwidowanej substancji.

Piany dekontaminacyjne można stosować zarówno do odkażania dużych powierzchni poziomych, jak i rozbudowanych konstrukcji. Jednak wymagane właściwości pian dla obu tych przypadków są inne.

Przy pokrywaniu powierzchni poziomych piana powinna mieć dobrą płynność i czas zaniku nie krótszy niż godzina. Takie właściwości mają tzw. piany średnie, otrzymywane z użyciem wytwornic.

Za pomocą jednego prądu pianowego o wydajności 200 dm³/min roztworu pianotwórczego można wytworzyć w ciągu minuty do 15 m³ piany, co pozwala pokryć powierzchnię 150 m² warstwą o grubości 10 cm. Z takiej warstwy piany, w ciągu godziny stopniowo wydzieli się do 1,3 dm³ roztworu na każdy m², co łącznie daje warstewkę roztworu o grubości 1,3 mm. Jest to ilość zbliżona do nanoszonej w formie roztworu, prądem rozproszonym.

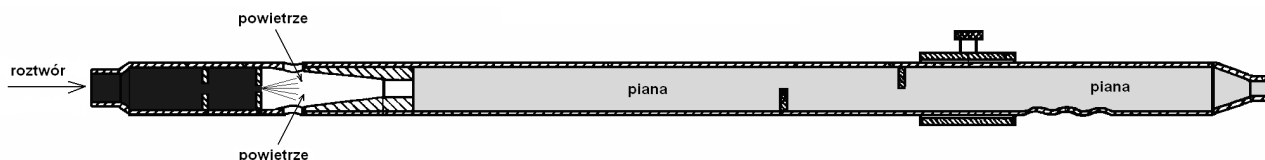
W przypadku konieczności odkażania powierzchni pionowych, stropów i konstrukcji wymagana jest dobra przyczepność piany i trwałość wyższa, niż ta dla pian stosowanych do odkażania powierzchni poziomych. Odpowiednia też musi być energia strumienia piany, by mogła ona dotrzeć do trudno dostępnych miejsc. Takie cechy posiadają m.in. piany CAFS (Compressed Air Foam System). W przypadku pian wytwarzanych z roztworów syntetycznych surfaktantów, wzrost stabilności idzie w parze ze wzrostem przyczepności do powierzchni. Zbyt gruba warstwa piany naniesiona na powierzchnię pionową będzie spływała. Możliwe jest utrzymywanie się warstwy drobnopełcherzykowej piany CAFS o grubości 2-3 cm. Musi to być piana o niezbyt dużej liczbie spienienia², aby zapewnić odpowiednią ilość roztworu kontaktującego się ze skażoną powierzchnią.

Wytwarzanie pian dekontaminacyjnych

Badania nad pianami dekontaminacyjnymi trwają od kilkunastu lat, chociaż jeszcze wcześniej były przedmiotem zainteresowania militarnych służb obrony przeciwchemicznej. Obecnie oferowane są na rynku zarówno specjalne preparaty pianotwórcze i stosowane do nich dodatki, jak i przenośne oraz przewoźne urządzenia do wytwarzania pian. Jednak sytuacje, w których konieczne lub celowe byłoby stosowanie pian dekontaminacyjnych w dużej skali, rzadko mają miejsce. W Polsce w latach 2006-2007 wykryto ponad 10 ognisk ptasiej grypy. Zlikwidowano wówczas kilka ferm kurzych, co związane było z wybiciem ptactwa i odkażeniem kurników. Właśnie w takich przypadkach celowe byłoby zastosowanie pian dekontaminacyjnych, zamiast klasycznych metod odkażania roztworami wodnymi.

Do wytwarzania pian dekontaminacyjnych najwygodniej jest stosować standardowe, uniwersalne środki pianotwórcze typu S, jakimi dysponują wszystkie jednostki ratowniczo-gaśnicze PSP. Jednostki posiadające sprzęt do wytwarzania pian ciśnieniowych (CAFS) mają także środki pianotwórcze klasy A, dostarczane przez dystrybutora wraz ze sprzętem. Z tych środków można także wytwarzać piany w szerokim zakresie liczb spienienia. Najważniejszym problemem będzie odporność pian na dodatki typowych środków stosowanych w działa-

² Liczba spienienia jest to stosunek objętości piany do objętości zawartego w niej roztworu.



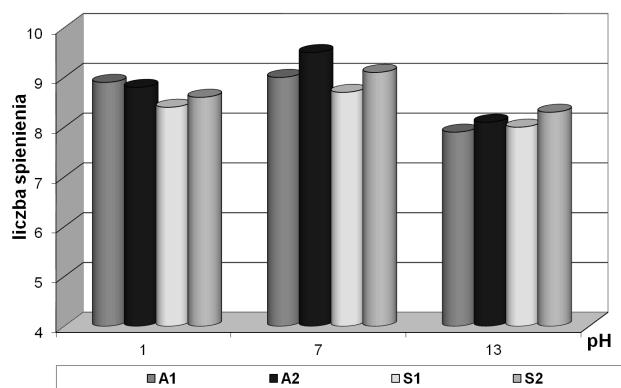
Ryc. 1. Prądownica pianowa wg PN-EN 1568 (do badań laboratoryjnych)

Fig. 1. Foam nozzle according to PN-EN 1568 (for laboratory tests)

niach dekontaminacyjnych. Są nimi przede wszystkim kwasy, wodorotlenki i utleniacze.

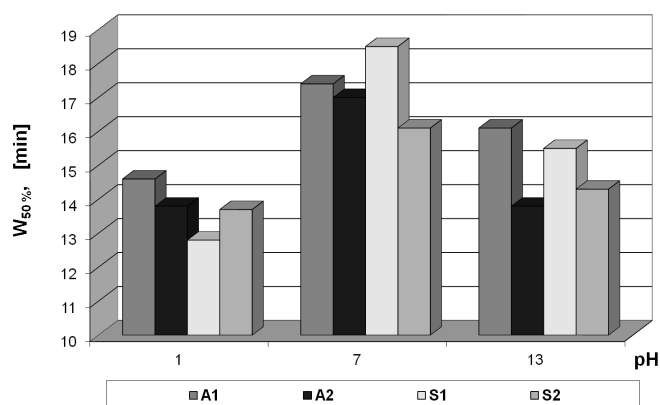
Głównymi składnikami pianotwórczych środków gaśniczych typu S i klasy A są surfaktanty anionowe, które są silniej aktywne powierzchniowo w środowisku zasadowym niż kwaśnym. Jednak oprócz surfaktantów środki pianotwórcze zawierają inne składniki i ich wzajemne oddziaływanie może zmieniać się z odczynem roztworu. Jednym z takich składników jest mocznik – najbardziej popularny dodatek o właściwościach hydrotropowych. Hydrolizuje on zarówno w środowisku kwaśnym jak i zasadowym. Zmiany jego stężenia w roztworach mogą wpływać na wzajemną rozpuszczalność pozostałych składników roztworów, a przez to na zdolności pianotwórcze i trwałość wytworzonych pian. W przypadku pian wytwarzanych za pomocą tego samego urządzenia, wraz ze zmniejszeniem zdolności pianotwórczej (liczby spienienia) obniża się też trwałość pian. Jeżeli jednak już po wytworzeniu pian zmiany w roztworach (w błonkach pęcherzyków) nadal zachodzą, wydzielone z roztworu nierozpuszczalne składniki mogą stabilizować pęcherzyki, wskutek czego piany o niższych liczbach spienienia będą stosunkowo trwałe.

Od kilku lat w Zakładzie Środków Gaśniczych SGSP prowadzone są badania nad wytwarzaniem i właściwościami pian dekontaminacyjnych. Między innymi badano także wpływ kwasów i wodorotlenków na właściwości pian typu S i klasy A. Na ryc. 2 i 3 pokazano wpływ pH roztworów pianotwórczych na liczby spienienia pian wytworzonych z roztworów wybranych środków pianotwórczych (ryc. 2) i ich wartości połówkowe³ (ryc. 3) [1, 2, 3]. Do sporządzania roztworów środków pianotwórczych typu S, oznaczonych jako S1 i S2 oraz klasy A, oznaczonych jako A1 i A2, stosowano wodę wodociągową oraz roztwory kwasu chlorowodorowego oraz wodorotlenku sodu, oba o stężeniu 0,01 mol/dm³ w wodzie wodociągowej. Piany wytwarzano za pomocą prądownicy laboratoryjnej według PN-EN 1568 (ryc. 1), przy ciśnieniu roztworu 0,7 MPa.



Ryc. 2. Wpływ kwasu chlorowodorowego (pH = 1) i wodorotlenku sodu (pH = 13) na zdolności pianotwórcze środków pianotwórczych [2]

Fig. 2. Effect of hydrochloric acid (pH = 1) and sodium hydroxide (pH = 13) on the foamability of foaming agents [2]



Ryc. 3. Wpływ kwasu chlorowodorowego (pH = 1) i wodorotlenku sodu (pH = 13) na zdolności pianotwórcze środków pianotwórczych [2]

Fig. 3. Effect of hydrochloric acid (pH = 1) and sodium hydroxide (pH = 13) on the stability of foams [2]

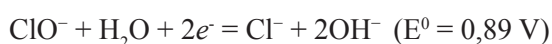
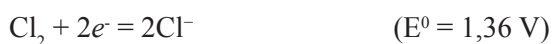
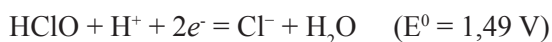
Jak widać na rycinach 2 i 3 zdolności pianotwórcze roztworów kwaśnych i zasadowych są nieco niższe w porównaniu z roztworami obojętnymi. Silniejszy okazał się wpływ wodorotlenku sodu, ale liczby spienienia zmniejszyły się tylko o około 10% w porównaniu z roztworami obojętnymi. Z kolei zakwaszenie roztworów miało większy wpływ na stabilność pian niż alkalizacja. Jednak mimo silnych zmian kwasowości roztworów pianotwórczych, właściwości pian, nawet najsilniej reagujących na dodatki, są akceptowalne z punktu widzenia zasto-

³ Wartość połówkowa piany jest to liczony w minutach czas wydzielania z piany połowy początkowej zawartości roztworu pianotwórczego.

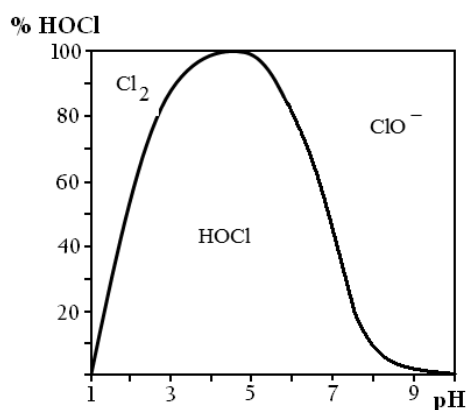
sowań do działań dekontaminacyjnych przy zabiegach prowadzonych na powierzchniach poziomych.

Większego wpływu na właściwości pian można oczekiwać po dodatkach utleniaczy. Powszechnie dostępnymi na rynku utleniaczami, stosowanymi także w działaniach ratowniczych straży pożarnych, są podchloryn sodu i nadtlenek wodoru.

Podchloryn sodu stosowany jest do dekontaminacji resztkowych skażeń chemicznych oraz jako środek biobójczy. Dostępny jest w postaci roztworu zawierającego 15-20% NaOCl. Do likwidacji skażeń chemicznych stosowane są zwykle dość wysokie stężenia (2-6%), jednak gdy zostanie zapewniony odpowiednio długi czas kontaktu skażenia z utleniaczem, stężenie można obniżyć nawet do 0,5%. Przy takim stężeniu roztwory wykazują właściwości biobójcze. W 2001 roku w USA podczas rzeczywistych działań związanych z likwidacją skażenia przetrwalnikami węgla używano typowych wybielaczy przeznaczonych dla zastosowań w gospodarstwach domowych, po dziesięciokrotnym rozcieńczeniu i zneutralizowaniu zasadowego odczynu roztworu. Końcowe stężenie podchlorynu sodu – 0,5-0,6% okazało się wystarczające do skutecznego odkażenia [4]. Korzystne jest lekkie zakwaszenie roztworu, gdyż przy pH = 4-5 w roztworze przeważa słabo zdysocjowany kwas podchloryny (chlorowy ⁺1), który spośród trzech znajdujących się w roztworze postaci chloru ma najwyższy standardowy potencjał redukcji (E^0) [5]:



Krzywą równowagi różnych postaci chloru w roztworach wodnych w zależności od pH pokazano na ryc. 4 [6].



Ryc. 4. Równowaga w roztworach podchlorynów w zależności od odczynu roztworów [6]

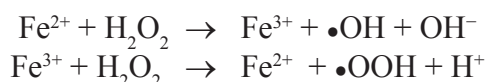
Fig. 4. Equilibrium in hypochlorite solutions, depending on the pH of the solutions [6]

Nadtlenek wodoru jest silnym środkiem biobójczym i utleniaczem. Jest dostępny w postaci roz-

tworu wodnego o stężeniu 30% o nazwie perhydrol oraz w roztworach bardziej rozcieńczonych, stosowanych do usuwania plam i do celów dezynfekcyjnych. W formie stałej, w postaci peroxyhydratów z węglanem i nadboranem sodu oraz mocznikiem, wykorzystywany jest w chemii gospodarczej jako wybielacz i środek dezynfekcyjny oraz jako utleniacz w syntezie organicznej. Silne zdolności utleniające wykazuje w środowisku kwaśnym:



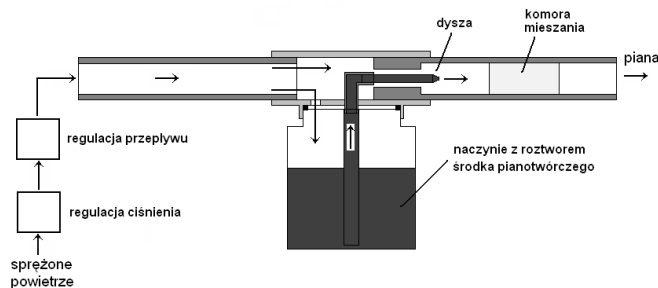
oraz w obecności aktywatorów, którymi są najczęściej sole żelaza. Spowodowane jest to tworzeniem w tych warunkach rodników hydroksylowych, w wyniku reakcji [7]:



Potencjał redoks rodnika hydroksylowego jest znacznie wyższy od potencjału nadtlenu wodoru ($E^0 = 2,80 \text{ V}$). Silniejszym utleniaczem jest tylko fluor [5].

Nadtlenek wodoru bywa stosowany do oczyszczania skażonych gleb, gdyż ułatwia przemianę chemiczną skażeń w łatwiej biodegradowalne związki [8].

Do wytwarzania pian z dodatkami utleniaczy wykorzystywano urządzenie pokazane na ryc. 5. Umożliwia ono wytwarzanie bardzo trwałych pian drobnopęcherzykowych. Jedynym regulowanym parametrem pracy urządzenia jest dopływ powietrza, ustalony w tym przypadku na 600 dm³/h, przy nadciśnieniu 0,05 MPa. W takich warunkach otrzymywano jednorodne piany o liczbach spienienia 20 ÷ 40.

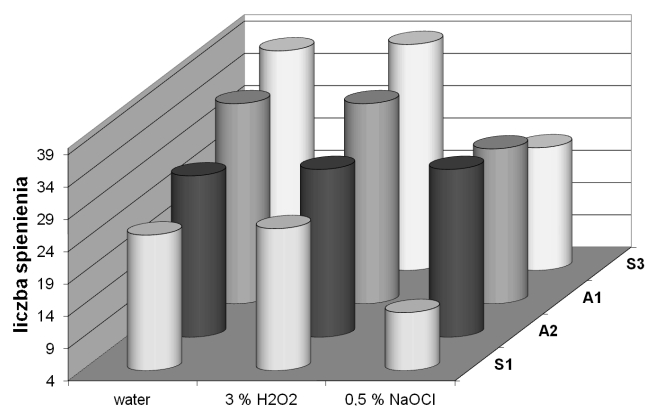


Ryc. 5. Laboratoryjny generator pian drobnopęcherzykowych [9]

Fig. 5. Laboratory generator of the fine-bubble foams [9]

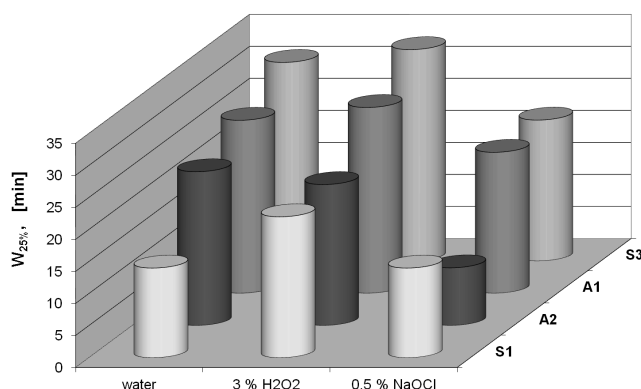
Badano 2 środki pianotwórcze typu S i 2 klasy A. Na ryc. 6 i 7 pokazano wpływ utleniaczy na, odpowiednio, zdolności pianotwórcze charakteryzowane liczbą spienienia i trwałość pian określaną przez wartość 25%⁴.

⁴ Wartość 25% piany jest to wyrażony w minutach czas wydzielenia z piany 25% początkowej zawartości roztworu.



Ryc. 6. Wpływ dodatków utleniających na zdolności pianotwórcze koncentratów pożarniczych [2]

Fig. 6. Effect of the additives of oxidants on the foamability of the foaming agents [2]



Ryc. 7. Wpływ dodatków utleniających na trwałość pian wytworzonych z koncentratów pożarniczych [2]

Fig. 7. Effect of the additives of oxidants on the stability of foams [2]

Dodatek 3% nadtlenu wodoru praktycznie nie zmienia ani właściwości pianotwórczych, ani trwałości pian. We wcześniejszych badaniach [9] stabilne piany wytwarzano także z roztworów pianotwórczych zawierających 6% nadtlenu wodoru.

Wyraźny wpływ na właściwości roztworów pianotwórczych i pian wywierają dodatki podchlorynu sodu. Główną przyczyną nie są raczej utleniające właściwości podchlorynu, lecz dodatkowa obecność w handlowych koncentratach podchlorynu silnych elektrolitów (NaCl, NaOH), które w nadmiarze obniżają zdolności pianotwórcze surfaktantów jonowych oraz trwałość pian. Roztwór 3-proc. modelowego anionowego koncentratu pianotwórczego (20% dodecylosiarczanu sodu, 25% butylokarbitolu i 2% dodekanolu) ma przewodnictwo właściwe 1,05 mS/cm, a z dodatkiem 0,5% NaOCl – 17,0 mS/cm [10].

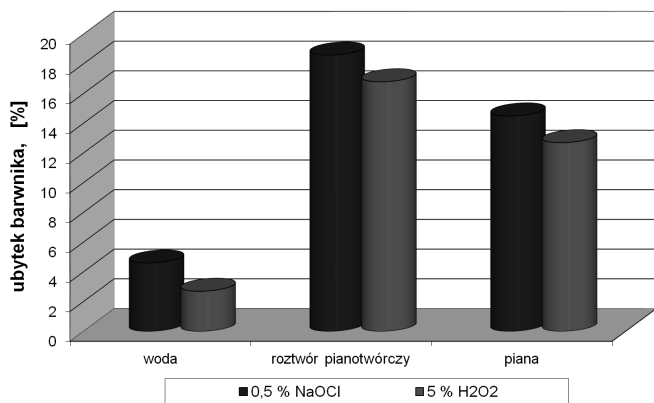
Roztwory zawierające 3% nadtlenu wodoru lub 0,5% podchlorynu sodu mają dobre właściwości bakterio-bójcze. Piany dekontaminacyjne o takiej zawartości tych utleniaczy mogłyby być stosowane

z powodzeniem do likwidacji skażeń biologicznych. Potwierdzono to w badaniach na bakteriiach *Pseudomonas aeruginosa*, *Enterococcus hirae*, *Escherichia coli* i *Staphylococcus ureus*. Wyniki badań przeprowadzonych w 2012 r. w Zakładzie Środków Gaśniczych (J. Jakubiec, B. Król, A. Mizerski, S. Neffe, M. Sobolewski), przy współpracy z Państwowym Zakładem Higieny, są jeszcze przedmiotem analizy i opracowania. Uzyskano wymagane, normatywne dla preparatów biobójczych redukcje bakterii przy różnych wariantach kontaktu piany dekontaminacyjnej ze skażoną powierzchnią (pionowa ścianka i strop).

3-proc. roztwór nadtlenu wodoru nie jest skuteczny w stosunku do przetrwalnikowych form bakterii. Dopiero stężenia powyżej 10% mogą być stosowane w działaniach biobójczych [11]. Jednak w obecności surfaktantów kationowych, które ułatwiają perforację protein powłoki ochronnej sporów, utleniacz łatwiej może dostać się do wnętrza komórek, dzięki czemu stężenie nadtlenu wodoru może być znacznie obniżone. Surfaktanty kationowe same wykazują niekiedy znaczną aktywność biobójczą. Są głównymi składnikami kilku specjalnych preparatów do wytwarzania pian dekontaminacyjnych, w których czynnikiem biobójczym jest nadtlenek wodoru w stosunkowo niskich stężeniach. Przy wysokiej trwałości pian osiągnięto wysoką aktywność biobójczą w stosunku do sporów węgla (10-milionowa redukcja w ciągu godziny) [12]. Przeprowadzone badania [10] potwierdziły możliwość wytwarzania pian kationowych o wysokiej stabilności, na bazie aktywnych biologicznie surfaktantów. Surfaktanty kationowe mają wprawdzie gorsze zdolności pianotwórcze od anionowych, ale piany są stabilniejsze. Wadą ich są słabe zdolności zwilżające, szczególnie w stosunku do naładowanych powierzchni polarnych.

Zarówno 3-proc. roztwór H_2O_2 , jak i 0,5% zasadowy roztwór NaOCl nie mają silnych właściwości utleniających. W działaniach ratowniczych stosowanie silnych utleniaczy należy wykluczyć, ze względu na trudne do przewidzenia skutki i możliwość wtórnych skażeń. Dekontaminacja terenu, dużych obiektów i infrastruktury w założeniu odbywa się jednak w sytuacji, gdy do likwidacji zostanie tylko resztkowa część skażenia. Wówczas nawet niskie stężenie utleniacza, przy długim czasie kontaktu ze skażeniem, jaki zapewnia piana, powinno być wystarczające. Różnica skuteczności dekontaminacji roztworami wodnymi i pianami jest wyraźna w przypadku powierzchni porowatych, co jest związane z lepszymi zdolnościami penetracyjnymi roztworów zawierających surfaktanty. Potwierdzono to w badaniach, w których materiał porowaty nasycony wodnym roztworem barwnika organicznego kontaktowano z roztworem 3-proc. nadtlenu wodoru i 0,5-proc. roztworem podchlorynu sodu oraz z pia-

nami i odpowiednimi roztworami środków pianotwórczych, zawierających takie same stężenia utleniaczy. Metodą spektrofotometryczną mierzono zmiany stężenia barwnika (ryc. 8) [10].



Ryc. 8. Wydajność utleniania barwnika w przestrzeni porowatej [10]

Fig. 8. The effectiveness of the oxidation of dye in the porous space [10]

Jak widać, w przypadku podchlorynu sodu, skuteczność utleniania przy użyciu piany była około 6-krotnie wyższa w porównaniu z roztworami wodnymi, a w przypadku nadtlenku wodoru – 3,5-krotnie wyższa. W tym przypadku najlepsze efekty utleniania uzyskano przy użyciu roztworów środków pianotwórczych zawierających utleniacze. Nieco gorszą wydajność utleniania pianami można tłumaczyć małą szybkością transportu roztworu z błonek stabilnej piany do powierzchni stałej.

Podsumowanie

W rynkowej ofercie sprzętowej obecne są przenośne i przewoźne urządzenia do wytwarzania pian dekontaminacyjnych. Przeznaczone są one do wykonywania zabiegów na niewielkich powierzchniach i obiektach. Niewątpliwie stosowanie pian dekontaminacyjnych ma zalety, ale w działaniach w niewielkiej skali nie jest niezbędne. Taki sam efekt można bez trudu osiągnąć, stosując roztwory dekontaminacyjne z dodatkami surfaktantów, podawane rozproszonymi prądami. Dla jednostek ratowniczo-gaśniczych zakup dodatkowych specjalnych urządzeń może być kłopotliwy. Dodatkowo wymagają one umiejętnej obsługi, konserwacji, serwisu, specjalnych preparatów pianotwórczych i dekontaminacyjnych, które po pewnym czasie muszą zostać wymienione.

Są przypadki, gdy odkażanie trzeba przeprowadzić na dużym terenie, w obiektach o dużej kubaturze lub konstrukcji. Piany, dzięki dobrej widoczności i zdolności do utrzymywania się na powierzchniach pionowych, mogą być bardzo użytecznym nośnikiem środków zwalczania skażeń. Nie trzeba jednak kupować w tym celu specjalnych, wysoko-wydajnych urządzeń. Wykorzystać można pożarniczy sprzęt gaśniczy, pianotwórcze środki gaśnicze

i dostępne na rynku, używane powszechnie w przemyśle i chemii gospodarczej stężone koncentraty środków utleniających i biobójczych.

Przeprowadzone dotychczas badania wskazują na możliwości wytwarzania pian z roztworów pianotwórczych środków gaśniczych z dodatkami substancji służących do likwidacji skażeń chemicznych i biologicznych. Jednak nie wszystkie urządzenia pożarnicze można tu rekomendować. Piany ciężkie są wrażliwe na dodatki utleniaczy, a szczególnie na techniczny podchloryn sodu. Jednak właśnie takie piany, jako szybko spływające, najmniej nadają się do takich zastosowań. Wrażliwe na dodatki są też piany średnie, ale wytworzone piany dekontaminacyjne mają akceptowalne właściwości (liczba spienienia i trwałość) i mogą być z powodzeniem stosowane do pokrywania odkażanych powierzchni poziomych. Do pokrywania powierzchni pionowych i stropów nadają się piany wytwarzane za pomocą urządzeń ciśnieniowych. Wśród posiadanych przez straże pożarne urządzeń, tylko CAFS zapewniają odpowiednie właściwości pian i wystarczającą wydajność i zasięg rzutu pian.

Literatura

- Mizerski A., Sobolewski M., Król B., Langner M., *Firefighting foams for carrying of neutralizing and decontaminating substances. Influence of strong acids and bases*, DEKONTAM 2007, Ostrava 2007.
- Mizerski A., Sobolewski M., Król B., Neffe S., *Możliwości wykorzystania środków pianotwórczych i sprzętu pożarniczego do wytwarzania pian dekontaminacyjnych*, XXIII Międzynarodowa Konferencja Naukowo-Techniczna „Ochrona ludności przed skutkami nadzwyczajnych zagrożeń – EKOMILITARIS 2009”, Zakopane, 8-11.09.2009.
- Mizerski A., *Possibility of use of extinguishing foaming agents for generating the decontamination foams*, 10th International Conference MODERN BUILDING MATERIALS, STRUCTURES AND TECHNIQUES, Wilno 2010.
- Compilation of Available Data on Building Decontamination Alternatives, EPA/600/R-05/036, 03.2005.
- <http://tabelechemiczne.chemicalforum.eu/potencjal-rx.html>;
- Lucentini L., *Dezynfekcja systemów dostarczania wody w zakresie Legionelli*, http://www.gis.gov.pl/ppt/dhs/warsztaty/lucentini_pl.ppt (2007 r).
- Neyens E., Baeyens J., *A review of classic Fenton's peroxidation as an advanced oxidation technique*, Journal of Hazardous Materials, B, 98 (2003).
- C.W. Jones, *Applications of Hydrogen Peroxide and Derivatives*, RSC, UK, 1999. <http://books.google.pl/books?id=QLePlhTsE0oC&print>

- sec=frontcover&hl=pl&source=gbs_ge_summary_r&cad=0#v=onepage&q&f=false
9. Ciosk A., Mizerski A., *Badanie możliwości zastosowania pianotwórczych środków gaśniczych do wytwarzania pian dekontaminacyjnych*, „Zeszyty Naukowe SGSP”, 2007.
 10. Mizerski A., *Examination of properties of foams intended for liquidation of chemical and biological contamination*, Ostrava 2009.
 11. Żegliński J., *Stabilizacja nadtlenu wodoru w kserożelu krzemionkowym – badanie oddziaływań składników kompozytu i jego charakterystyka*, Gdańsk, 2006.
 12. Raport techniczny firmy MODEC, <http://www.deconsolutions.com>

bryg. dr hab. inż. Andrzej Mizerski, prof. SGSP, absolwent Wydziału Chemicznego Politechniki Warszawskiej (1975 r.), specjalność – lekka synteza organiczna W 2000 r. doktorat w Wojskowej Akademii Technicznej, na Wydziale Inżynierii, Chemii

i Fizyki Technicznej, w dyscyplinie *chemia*, specjalność *fizykochemia powierzchni*.

W 2009 r. habilitacja w dziedzinie *Inżynieria bezpieczeństwa pożarowego* w Wyższej Szkole Górniczej – Uniwersytecie Technicznym, Ostrawa.

W pożarnictwie pracuje od 1976 r. Do 1981 r. Wyższa Oficerska Szkoła Pożarnicza, od 1982 r. do chwili obecnej Szkoła Główna Służby Pożarniczej.

W latach 1992 ÷ 2000 był konsultantem – chemikiem Komendy Wojewódzkiej PSP, uczestnicząc we wszystkich akcjach ratownictwa chemicznego I zmiany Jednostki Ratowniczo Gaśniczej nr 6 w Warszawie.

W dorobku zawodowym ma kilkadziesiąt publikacji i referatów na konferencjach naukowych, trzy podręczniki SGSP, w tym jeden przetłumaczony na język czeski, zrealizowane trzy projekty badawcze, 7 tematów w ramach statutowej działalności Uczelni, udział w projektach celowych. Wykonał kilkadziesiąt prac dla zleceniodawców zewnętrznych, w tym trzy zakończone wdrożeniem.