



Czesław Puchała
Akademia im. Jana Długosza
Al. Armii Krajowej 13/15, 42-200 Częstochowa,
e-mail: cz.puchala @ajd.czyst.pl

PRZEGLĄD DZIAŁAŃ ZMIERZAJĄCYCH DO ZMNIEJSZENIA ZAGROZEŃ CHEMICZNYCH

Streszczenie. Rozwój cywilizacji, szczególnie w XX wieku, przyczynił się do zasadniczej poprawy standardu życia w krajach uprzemysłowionych. Niestety wraz z rozwojem cywilizacji przemysłowej pojawiło się wiele zagrożeń. Jednym z nich są zagrożenia chemiczne, do których dochodzi w wyniku wprowadzania do środowiska ogromnych ilości substancji chemicznych, co zwiększa także ryzyko powstawania katastrof. W okresie ostatniego półwiecza wydarzyło się wiele tragicznych katastrof chemicznych, w rezultacie których dochodziło do strat w środowisku. Skutkiem tych katastrof były również ofiary śmiertelne (np. w Bhopalu w 1984 roku). Należy w tym miejscu podkreślić, że nie tylko przemysł chemiczny odpowiedzialny jest za zagrożenia chemiczne, jak się powszechnie sądzi. W celu zminimalizowania zagrożeń chemicznych prowadzone są różne działania, które można podzielić na 3 grupy:

- wdrażanie czystych (zrównoważonych) technologii,
- tworzenie międzynarodowych programów i regulacji prawnych zwiększających bezpieczeństwo chemiczne,
- edukacja formalna (szkolna) i nieformalna.

W celu zwiększenia bezpieczeństwa chemicznego podejmowane są międzynarodowe inicjatywy, a do najważniejszych z nich można zaliczyć: Międzynarodowy Program Bezpieczeństwa Chemicznego (*International Programme on Chemical Safety – IPSC*), program Odpowiedzialność i Troska (*Responsible Care*) i koncepcję *zielonej chemii* (*Green Chemistry*). Inicjatywy te zostaną opisane w pracy. Ważne zadanie w zakresie podniesienia świadomości społecznej w zakresie zagrożeń chemicznych (i nie tylko) ma do odegrania edukacja formalna i nieformalna, na co zwrócono uwagę w pracy.

W pracy scharakteryzowano zagrożenia chemiczne i przedstawiono możliwości działań zmierzających do ich zmniejszenia. Szczególną uwagę poświęcono *zielonej chemii*, której celem jest redukcja lub eliminacja użycia i wytwarzania substancji niebezpiecznych. Podane zostały przykłady wykorzystania zasad *zielonej chemii* w różnych dziedzinach, co przyczynia się do ochrony środowiska i zdrowia ludzi. Ponadto przybliżono regulacje prawne, których założeniem jest zwiększenie bezpieczeństwa chemicznego (m.in. system REACH i system GHS) oraz przedstawiono informacje o skutkach największych w historii katastrof chemicznych.

Słowa kluczowe: zagrożenia cywilizacyjne, zagrożenia chemiczne, zielona chemia, bezpieczeństwo chemiczne, edukacja dla bezpieczeństwa.

Wprowadzenie

Rozwój cywilizacji naukowo-technicznej, szczególnie w XX wieku, przyczynił się do zasadniczej poprawy standardu życia szerokich kręgów społeczeństwa. Byłby on zapewne niemożliwy bez podejmowania ryzyka. Jednak skłonność do ciągłego podejmowania ryzyka stawia nasz świat w obliczu różnych zagrożeń. W pracy [2] używa się określenia „cywilizacja ryzyka”, które według jej autora dobrze oddaje charakter naszej egzystencji. Historia pokazuje, że wraz z rozwojem cywilizacji zmienia się jakość ryzyka. Niektóre rodzaje zagrożeń zanikają, ale w ich miejsce pojawiają się inne. W obecnych czasach jednym z pierwszoplanowych zadań ludzkości będzie zaakceptowanie powszechności ryzyka oraz różnorodnych zagrożeń, a warunkiem skutecznego przeciwdziałania zagrożeniom może być trafne identyfikowanie ich źródeł i ocenianie wielkości ryzyka [7]. Dotyczy to także zagrożeń chemicznych, do których dochodzi w wyniku wprowadzania do środowiska ogromnych ilości substancji chemicznych.

Zanim zostaną opisane działania zmierzające do zmniejszenia zagrożeń chemicznych, warto poświęcić kilka zdań kwestiom terminologicznym. Zgodnie z Dyrektywą Seveso III, „zagrożenie” oznacza samoistną właściwość substancji niebezpiecznej lub warunki fizyczne, które mogą spowodować szkody dla zdrowia ludzkiego lub dla środowiska. Skażenie chemiczne powstaje na skutek wprowadzenia do środowiska substancji, które ulegają lub wywołują reakcje chemiczne pociągające za sobą negatywne skutki. Substancje skażające nazywa się zanieczyszczeniami chemicznymi lub polutantami (od ang. *pollutant*). Skażenia chemiczne ze względu na zasięg dzieli się na globalne, ponadregionalne lub kontynentalne (transgraniczne), regionalne i lokalne. Zanieczyszczenia chemiczne można podzielić na pierwotne i wtórne [25].

Charakterystyka zagrożeń chemicznych

Chemikalia mogą niekorzystnie wpływać na organizm ludzki i składniki środowiska. Działanie substancji chemicznej na organizm zależy od: struktury związku chemicznego, właściwości fizykochemicznych, stanu rozdrobnienia, drogi wnikania (przez układ pokarmowy, przez układ oddechowy, przez skórę) i dawki. Już w XVI wieku Paracelsus zauważył zależność między dawką a działaniem substancji. Znane słowa tego wybitnego lekarza: „wszystko jest trucizną i nic nie jest trucizną, bo tylko dawka czyni trucizną”, są cytowane do dziś.

Działanie substancji chemicznych na człowieka uzależnione jest także od jego wieku, stanu zdrowia, diety i czynników genetycznych (co szczegółowo opisano w [21]). Negatywne efekty wywoływane przez chemikalia mogą wystąpić zarówno w bezpośrednim sąsiedztwie źródła emisji, jak i w znacznej od niego odległości. Ponadto należy wziąć pod uwagę następujące fakty:

- szkodliwe efekty mogą wystąpić natychmiast albo dopiero po pewnym czasie,
- różne grupy ludzi lub gatunki zwierząt mogą być narażone w inny sposób,
- jeżeli dotyczą przyszłości, to są związane z określonym prawdopodobieństwem wystąpienia, ale nie ma pewności ani co do ich wystąpienia w ogóle, ani co efektów oddziaływań,
- niektóre skutki oddziaływań są nieodwracalne, inne mogą być odwracalne naturalnie lub sztucznie [24].

Zagrożenia chemiczne mogą dotyczyć:

- procesów produkcyjnych z udziałem substancji chemicznych (nie tylko w przemyśle chemicznym),
- niektórych produktów chemicznych (na etapie ich wykorzystania, a później w postaci odpadów),
- magazynowania w zakładach przemysłowych dużych ilości substancji niebezpiecznych (szczególnie toksycznych środków przemysłowych – TŚP),
- transportu materiałów chemicznych (morskiego, kolejowego i drogowego),
- transportu rurociągowego (np. eksplozje rurociągów naftowych w Nigerii w 1998, 2000 i 2006 roku [13]),
- skutków klęsk żywiołowych (np. zatopienia różnego rodzaju magazynów substancji chemicznych w wyniku powodzi),
- terroryzmu z wykorzystaniem „broni chemicznej” (np. użycie sarinu w 1995 roku w tokijskim metrze [4]),
- pożarów, w wyniku których powstają toksyczne substancje,
- chemizacji rolnictwa.

Na przestrzeni ostatniego półwiecza wydarzyło się wiele tragicznych katastrof chemicznych, a nazwy miast, w których do nich doszło, stały się symbolami potencjalnych zagrożeń, jakie towarzyszą współczesnej cywilizacji. W 1974 roku w wyniku awarii w zakładach chemicznych w Flixborough (Wielka Brytania) z pękniętego rurociągu uwolniły się duże ilości gorącego cykloheksanu. Pary cykloheksanu utworzyły z powietrzem mieszaninę, w wyniku czego doszło do eksplozji. W katastrofie zginęło 28 pracowników zakładu [12]. Dwa lata później w Seveso (Włochy) na skutek wybuchu reaktora z trichlorofenolem nastąpiło skażenie okolic dioksynami, a blisko 700 jej mieszkańców zostało poszkodowanych w wyniku zatrucia. Katastrofa w Seveso stała się impulsem do podjęcia prac mających na celu zapewnienie bezpieczeństwa. W 1982 roku przyjęto Dyrektywę „Seveso I”, która swoją nazwę zawdzięcza

opisanej wcześniej katastrofie (w późniejszym okresie opracowano kolejne Dyrektywy). W 1984 roku w Bhopalu (Indie) doszło do najtragiczniejszej w skutkach katastrofy chemicznej. W zakładach należących do koncernu Union Carbide na skutek awarii nastąpiło uwolnienie do atmosfery ok. 40 ton metyloizocyjanianu [18]. W wyniku katastrofy śmierć poniosło ponad 3800 osób, kilka kolejnych tysięcy (dane według różnych źródeł znacznie się różnią) zmarło po pewnym czasie na skutek powikłań zdrowotnych, a ok. 100 tysięcy doznało uszczerbku na zdrowiu [13]. Analiza katastrofy pokazała, że poza problemami technicznymi do tragedii przyczyniły się także inne czynniki: polityczny, organizacyjny i ludzki [van Loon, Duffy 2008]. W wyniku pożaru i wybuchu materiałów pirotechnicznych w 2000 roku w Enschede (Holandia) zginęło 20 osób. W 2001 roku doszło do serii wybuchów w obiekcie magazynowym azotanu (V) amonu w Tuluzie (Francja), a w ich wyniku śmierć poniosło 29 osób. W 2004 roku w północnym Iranie nastąpił wybuch pociągu przewożącego siarkę, benzynę i nawozy sztuczne, co spowodowało śmierć 295 osób [13]. W 2010 roku w hucie aluminium w Ajce (Węgry) po przerwaniu tamy zbiornika doszło do uwolnienia ok. 600–700 tys. m³ „czerwonego szlamu”, zawierającego m.in. silne żrące ługi i tlenki żelaza. Katastrofa spowodowała śmierć 9 osób i obrażenia 150, a na terenie trzech województw rząd węgierski wprowadził stan wyjątkowy [Kolińska 2011]. Skutkami katastrof chemicznych są szkody materialne, straty w środowisku naturalnym, pogorszenie warunków bytowych ludzi, szkody na zdrowiu, a często także ofiary śmiertelne. Nie można zakładać, że dany kraj, region czy gmina jest obszarem całkowicie bezpiecznym. Właściwe przygotowanie, umiejętność oceny ryzyka oraz przekazanie szybkiej informacji o wystąpieniu katastrofy chemicznej to przedsięwzięcia sprzyjające zmniejszeniu zagrożeń i minimalizacji ich skutków [12].

Zagrożenia chemiczne należy rozpatrywać na różnych poziomach: zakładów przemysłowych (mogą dotyczyć dużej liczby pracowników), laboratoriów, ale również życia codziennego, i wtedy dotyczą pojedynczych konsumentów wyrobów chemicznych.

Działania zmierzające do zmniejszenia zagrożeń chemicznych

Działania na rzecz zmniejszenia zagrożeń chemicznych powinny mieć kompleksowy charakter i wykorzystywać w tym celu różne możliwości. Do takich działań można zaliczyć:

- wdrażanie czystych (zrównoważonych) technologii,
- kreowanie międzynarodowych programów,
- opracowanie regulacji prawnych zwiększających bezpieczeństwo chemiczne,
- edukację formalną (szkolną) i nieformalną.

Nie wszyscy zdają sobie sprawę z zagrożeń chemicznych w życiu codziennym, na co zwrócono uwagę w dalszej części pracy.

Wdrażanie czystych (zrównoważonych) technologii

Pojęcie „technologia” kojarzone bywa zazwyczaj tylko ze sposobem produkcji. Aktualnie zarysowuje się tendencja rozszerzania znaczenia i zakresu tego pojęcia. Wprowadzono termin „cykl życia” (ang. *life cycle*) produktu, który uwzględnia wszystkie jego etapy, począwszy od surowców potrzebnych do produkcji, a na utylizacji i zagospodarowaniu produktu skończywszy. W celu zwiększenia bezpieczeństwa procesów produkcyjnych wdrażane są nowe technologie. W literaturze nazywa się je „zrównoważonymi technologiami” (ang. *Sustainable technologies*), „czystymi technologiami” (ang. *clean technologies*) czy „zielonymi technologiami” (ang. *green technologies*) [20]. Pojęcie zrównoważonej technologii zakłada m.in. wyeliminowanie stosowania niebezpiecznych substancji, które stwarzają niebezpieczeństwo dla ludzkiego zdrowia i środowiska oraz zapewnienie bezpieczeństwa dla pracowników i okolicznej ludności.

Tworzenie międzynarodowych programów

W celu zwiększenia bezpieczeństwa chemicznego od lat 80. ubiegłego wieku podjęto szereg inicjatyw międzynarodowych. W 1980 roku opracowano Międzynarodowy Program Bezpieczeństwa Chemicznego (*International Programme on Chemical Safety – IPSC*). Program ten polega na popieraniu międzynarodowej współpracy w celu opracowania naukowych podstaw oceny i ryzyka dla ludzi i środowiska związanego ze stosowaniem chemikaliów. Cztery lata później z inicjatywy Kanadyjskiego Stowarzyszenia Przemysłu Chemicznego (*Canadian Chemical Producers’ Association – CCPA*) powstał program Odpowiedzialność i Troska (*Responsible Care*), którego założeniem było zobowiązanie firm chemicznych do zmniejszenia oddziaływania na środowisko naturalne, poprawy bezpieczeństwa pracy i ochrony zdrowia. W Europie program został przyjęty w 1989 roku przez Europejską Federację Krajowych Izb Przemysłu Chemicznego (*European Chemical Industry Council – CEFIC*), a jego wdrażanie przez polski przemysł chemiczny rozpoczęto w 1992 roku.

Wśród innych inicjatyw międzynarodowych na rzecz zapewnienia bezpieczeństwa chemicznego na uwagę zasługują: Protokół Montrealski, Międzyrządowe Forum Bezpieczeństwa Chemicznego (*Intergovernmental Forum on Chemical Safety – IFCS*) i Konwencja POP (*Persistent Organic Pollutants*) [3].

Doniosłą rolę w działaniach na rzecz zmniejszenia zagrożeń chemicznych odgrywa program zielonej chemii. Koncepcja zielonej chemii (ang. *green chemistry*) zrodziła się w 1991 roku. Zgodnie z definicją, zielona chemia to projektowanie produktów i procesów chemicznych, redukujących lub eliminujących użycie i wytwarzanie substancji niebezpiecznych dla zdrowia ludzi i środowiska naturalnego. Program zielonej chemii opiera się na 12 zasadach, sformułowanych przez Anastasa i Warnera [1]. Wdrażanie tych zasad do praktyki przyczynia się do zminimalizowania zagrożeń chemicznych, ale szczególną rolę w tym zakresie odgrywa pięć z nich: 3, 4, 5, 11 i 12. Zasada 3. zaleca, aby tam, gdzie to tylko możliwe, syntezy chemiczne były prowadzone z udziałem reagentów i materiałów nietoksycznych lub o nieznacznej toksyczności. W myśl zasady 4. powinno się dążyć do wytwarzania produktów alternatywnych, które zachowując swoje funkcje (np. lecznicze lub owadobójcze), są nietoksyczne. Rozpuszczalniki organiczne działają niekorzystnie na organizmy żywe, a do skutków ich działania należą: zmiany w układzie nerwowym, uszkodzenie narządów mięsaszowych (wątroby, nerek, serca), zmiany we krwi i układzie krwiotwórczym, a niekiedy nowotwory [19]. W związku z tym rozpuszczalniki (szerzej substancje pomocnicze) powinny być wyeliminowane, a tam, gdzie to niemożliwe, należy stosować substancje nieszkodliwe (zasada 5.). Według zasady 11. niezbędne jest rozwijanie analitycznych metod *in line*, umożliwiających ciągły monitoring produkcji, w aspekcie zapobiegania powstawaniu niebezpiecznych substancji. Reagenty oraz sposoby ich wykorzystania w procesie chemicznym powinny być tak dobrane, aby w jak największym stopniu zmniejszyć ryzyko wypadków chemicznych, w tym wycieków niebezpiecznych substancji, wybuchów i pożarów, co stanowi treść 12. zasady zielonej chemii. Wszystkie zasady zielonej chemii opublikowano w języku polskim (np. w [15]).

Regulacje prawne zwiększające bezpieczeństwo chemiczne

W 2007 roku weszło w życie rozporządzenie REACH (*Registration, Evaluation, Authorisation and Restriction of Chemicals*), którego zadaniem jest rejestracja, ocena i autoryzacja (zatwierdzanie) produktów chemicznych. Głównym celem tego rozporządzenia jest zapewnienie bezpieczeństwa chemicznego, a więc ochrony zdrowia ludzkiego i środowiska przed zagrożeniami stwarzanymi przez substancje i preparaty chemiczne podczas ich produkcji oraz stosowania. Rozporządzenie nakłada na producentów i importerów obowiązek oceny i dokumentowania ryzyka wynikającego z zastosowania substancji produkowanych lub importowanych. Producenci i importerzy dokonują oceny bezpieczeństwa chemicznego, a poszczególne jej etapy dotyczą:

- zagrożeń dla zdrowia człowieka,

- zagrożeń dla zdrowia człowieka wynikających z właściwości fizykochemicznych substancji,
- zagrożeń dla środowiska,
- trwałości, zdolności do bioakumulacji i toksyczności.

W określonych przypadkach prowadzi się dalsze procedury oceny bezpieczeństwa, a ich szczegóły opisano w [11].

W 2008 roku zostało przyjęte Rozporządzenie Parlamentu Europejskiego i Rady Europy (WE) w sprawie klasyfikacji, oznakowania i pakowania substancji i mieszanin (CLP). Na terenie całej Unii Europejskiej wprowadzono od 2009 roku Globalny Zharmonizowany System Klasyfikacji i Oznakowania Chemikaliów GHS (*Global Harmonized System*) [6]. Jego celem jest zapewnienie wysokiego poziomu ochrony zdrowia i środowiska poprzez nałożenie na producentów, importerów i dalszych użytkowników obowiązku klasyfikowania, etykietowania i pakowania niebezpiecznych substancji i mieszanin wprowadzanych do obrotu. W związku z wprowadzeniem systemu GHS opracowano nową Dyrektywę Seveso III w sprawie kontroli zagrożeń poważnymi awariami związanymi z substancjami niebezpiecznymi (Dyrektywa 2012/18/UE), którą przyjęto w 2012 roku [5]. W myśl Dyrektywy Seveso III substancje niebezpieczne dzieli się na 4 podstawowe kategorie: stwarzające zagrożenie dla zdrowia (m.in. ostro toksyczne, posiadające działanie toksyczne na organy docelowe), stwarzające zagrożenie fizyczne (m.in. materiały wybuchowe, gazy łatwopalne, aerozole łatwopalne, gazy utleniające, ciecze łatwopalne), stwarzające zagrożenia dla środowiska oraz stwarzające pozostałe zagrożenia.

Międzynarodowe i krajowe ustalenia, zalecenia i dokumenty prawne dotyczące zapobiegania i właściwego reagowania na poważne awarie z udziałem substancji niebezpiecznych przybliżono w pracy [14].

Edukacja formalna (szkolna) i nieformalna

Edukacja odgrywa bardzo ważną rolę w kształtowaniu świadomości społecznej w zakresie bezpieczeństwa. Istnieje wiele form realizacji takiej edukacji. Edukacja na rzecz bezpieczeństwa powinna być prowadzona przez rodzinę, szkołę, środki masowego przekazu oraz instytucje administracji rządowej i samorządowej. Edukowanie społeczeństwa w zakresie bezpieczeństwa jest stosunkowo taną formą przeciwdziałania zagrożeniom. Głównymi elementami, które wpływają na obniżenie poziomu zagrożeń, są:

- znajomość potencjalnych źródeł zagrożeń,
- znajomość negatywnych skutków, jakie mogą one wywołać,
- znajomość sposobów unikania ich wywołania,

- znajomość sposobów ograniczania ich negatywnych skutków, jeśli zapobieganie okazało się niemożliwe [8].

Z problematyką zagrożeń chemicznych uczniowie gimnazjum i szkół ponadgimnazjalnych spotykają się na lekcjach chemii. Problematyka bezpieczeństwa chemicznego dotyczy nie tylko zachowania się uczniów w pracowni chemicznej, ale ma szerszy kontekst. Wprowadzenie tematyki bezpieczeństwa w nauczaniu chemii pozwala uświadomić uczniom potencjalne zagrożenia wynikające ze stosowania substancji chemicznych w życiu codziennym. Szczegółowe informacje dotyczące bezpieczeństwa w szkolnych pracowniach chemicznych można znaleźć np. w [22, 16, 17]. Należy w tym miejscu przypomnieć, że od września 2009 roku w gimnazjach i szkołach ponadgimnazjalnych wprowadzono nowy przedmiot *edukacja dla bezpieczeństwa*.

Bezpieczeństwo stosowania produktów chemicznych w życiu codziennym

Narażeni na działanie substancji chemicznych są także konsumenci poprzez stosowanie i użytkowanie produktów dostępnych na rynku. O tym, że ze znajomością zasad bezpieczeństwa związanych ze stosowaniem i użytkowaniem produktów chemicznych w życiu codziennym nie jest najlepiej, świadczą wyniki przeprowadzonych badań ankietowych wśród absolwentów i studentów szkół wyższych o kierunkach niechemicznych. Otóż tylko połowa badanych rozumiała, co oznaczają piktogramy widniejące na opakowaniach środków czyszczących, a jeszcze mniej znała środki ostrożności, jakie należy zachować podczas pracy z nimi. Pomimo ostrzeżeń umieszczonych na opakowaniach środków do udrażniania rur, 20% ankietowanych brało granulki wodorotlenku do rąk i używało ich roztworów bez rękawic ochronnych [9]. Słaba znajomość reguł postępowania z substancjami chemicznymi w życiu codziennym wynika m.in. z nieodpowiedniej edukacji szkolnej. Często na lekcjach chemii problematyce bezpieczeństwa chemicznego poświęca się zbyt mało czasu. Ponadto nie zawsze nauczyciele stosują dydaktyczną zasadę wiązania teorii z praktyką.

Podsumowanie

Chemia wniosła istotny wkład do rozwoju współczesnej cywilizacji, a przemysł chemiczny stanowi dziś jedną z najważniejszych gałęzi światowej gospodarki. Niestety rozwojowi cywilizacji przemysłowej towarzyszą różnego rodzaju zagrożenia, w tym zagrożenia chemiczne. Ograniczenie czy wręcz zrezygnowanie z produkcji chemicznej w celu zmniejszenia zagrożeń doprowadzi-

łoby do regresu cywilizacyjnego. Jedynym rozwiązaniem tego problemu są wieloaspektowe działania zmierzające do zmniejszenia zagrożeń chemicznych. Z dokonanego w tej pracy przeglądu takich działań wynika, że żadnemu ze współczesnych zagrożeń cywilizacyjnych nie poświęcono tak wiele uwagi, jak zagrożeniom chemicznym. Trudno wskazać, które z działań na rzecz zmniejszenia zagrożeń chemicznych okazują się najbardziej efektywne. Zarówno wdrażanie czystych technologii, jak i tworzenie międzynarodowych programów, opracowanie regulacji prawnych zwiększających bezpieczeństwo chemiczne oraz edukacja odgrywają swoją rolę, wzajemnie się dopełniając.

Literatura

- [1] Anastas P.T., Warner J.C. *Green Chemistry: Theory and Practice*, Oxford University Press, New York 1998.
- [2] Borkowski R., *Cywilizacja. Technika. Ekologia. Wybrane problemy rozwoju cywilizacyjnego u progu XXI wieku*, Uczelniane Wydawnictwo Naukowo-Dydaktyczne AGH, Kraków 2001.
- [3] Burczyk B., *Zielona chemia. Zarys*, Oficyna Wyd. Politechniki Wrocławskiej, Wrocław 2006.
- [4] Croddy E., Perez-Armendariz C, Hart J., *Broń chemiczna i biologiczna: raport dla obywatela*, Wydawnictwa Naukowo-Techniczne, Warszawa 2003.
- [5] Dyrektywa Parlamentu Europejskiego i Rady 2012/18/UE z dnia 4 lipca 2012 roku w sprawie kontroli zagrożeń poważnymi awariami związanymi z substancjami niebezpiecznymi, *Dziennik Urzędowy UE L 197 z dnia 24 lipca 2012 roku*.
- [6] Gajek A., Michalik J.S., *Nowa Dyrektywa Seveso III. Zmienione kryteria kwalifikacyjne*, *Przemysł Chemiczny*, t. 90, nr 12, 2011, s. 2036–2044.
- [7] Goszczyńska M., *Człowiek wobec zagrożeń. Uwarunkowania oceny i akceptacji ryzyka*, Wydawnictwo „Żak”, Warszawa 1997.
- [8] Jasińska Ł., Grosset R., *Edukacja społeczeństwa w zakresie zagrożeń chemicznych*, Fundacja Edukacja i Technika Ratownictwa, Warszawa 2006.
- [9] Karawajczyk B., *Użyteczność wiedzy chemicznej w życiu codziennym*, *Chemia w Szkole*, nr 5, 2007, s.63-64.
- [10] Kolińska M., *Awarie obiektów przemysłowych*, [w:] Sobolewski G. (red.), *Zagrożenia kryzysowe*, Wyd. Akademii Obrony Narodowej, Warszawa 2011, s. 60–69.
- [11] Komorowicz T., *Ocena bezpieczeństwa chemicznego w systemie RE-ACH*, *Czasopismo Techniczne, seria Chemia*, 2008, s. 20–29.

-
- [12] Kowalczyk M., Rump S., Kołaciński Z., *Medycyna katastrof chemicznych*, Wydawnictwo Lekarskie PZWL, Warszawa 2004.
- [13] Kowalski M., *Katastrofy antropogeniczne*, [w:] Batura W. (red.), *Katastrofy i zagrożenia we współczesnym świecie*, Wyd. Naukowe PWN, Warszawa 2008, s. 84–97.
- [14] Pabiś A., Środki prawne na straży bezpieczeństwa chemicznego, *Czasopismo Techniczne, seria Chemia*, z. 4, 2009, s. 75–93.
- [15] Paryczak T., Lewicki A., Zaborski M., *Zielona chemia*, Oddział PAN w Łodzi, Komisja Ochrony Środowiska, Łódź 2005.
- [16] Puchała C., Bezpieczeństwo eksperymentu chemicznego, *Częstochowski Biuletyn Oświatowy*, 1(79), 2011, s. 67-68.
- [17] Roy K., Safe Science: Be Protected!, *Science Education International*, vol. 17, nr 2, 2005, s. 155–157.
- [18] Shrivastava P., Preventing industrial crises: the challenges of Bhopal, *International Journal of Mass Emergencies and Disasters*, vol. 5, nr 3, 1987, s. 199–221.
- [19] Wiąckowski S., *Toksykologia środowiskowa człowieka*, cz. 1, Oficyna Wydawnicza „Branta”, Bydgoszcz 2010.
- [20] Taniewski M., *Technologia chemiczna w epoce zrównoważonego rozwoju*, [w:] Marciniec B. (red.), *Misja nauk chemicznych*, Wydawnictwo Naukai Innowacje, Poznań 2011, s. 529–566.
- [21] Timbrell J., *Paradoks trucizn. Substancje chemiczne przyjazne i wrogie*, Wyd. Naukowo-Techniczne, Warszawa 2008.
- [22] Wasilewski M., Dawydow W., *Bezpieczeństwo w pracowni chemicznej*, Wyd. Naukowo-Techniczne, Warszawa 2008.
- [23] van Loon G., Duffy S.J., *Chemia środowiska*, Wyd. Naukowe PWN, Warszawa 2008.
- [24] Zieliński S., Ryzyko chemiczne. Ocena i zarządzanie, *Chemik*, t. 64, nr 12, 2010, s.799–804.
- [25] Zieliński S., *Skażenia chemiczne w środowisku*, Oficyna Wydawnicza Politechniki Wrocławskiej, Wrocław 2000.

Czesław Puchała
Akademia im. Jana Długosza w Częstochowie

THE REVIEW OF ACTIONS AIMING AT REDUCING CHEMICAL THREATS

Abstract

Civilization development, especially in XX century, has contributed to the essential improvement of living standards in industrialized countries. Unfortunately, along with industrial civilization development, a number of threats have appeared. One of them are chemical threats which are caused by introduction to environment huge amounts of chemical substances what also increases the risk of catastrophes formation. In the period of the last half-century, there have happened a lot of tragic chemical disasters which resulted in serious environmental losses. What is more, these catastrophes resulted also in casualties (e.g. Bhopal in 1984). It is essential to stress at this point that not only chemical industry is responsible for chemical threats, as it is commonly considered. In order to minimize chemical threats, different actions are conducted. They can be divided into 3 groups:

- implementation of clean (sustainable) technologies,
- formation of international programmes and legal regulations increasing chemical safety,
- formal (school) and informal education.

In order to increase chemical safety, international initiatives are made and to the most important ones we can include: *International Programme on Chemical Safety (IPSC)*, *Responsible Care* and *Green Chemistry* concept. These initiatives will be described in the paper as well. Formal and informal education has an important role to play as far as raising of social awareness in the scope of chemical threats (and not only) is considered. The paper will also pay attention to the above mentioned points.

The paper characterized chemical threats and introduced possibilities of actions aiming to their decrease. Special attention has been paid to green chemistry whose aim is reduction or usage elimination and production of dangerous substances. Examples of green chemistry application in different domains were introduced in the paper, what contributes to environment protection and people's health. Moreover, legal regulations whose foundation is to increase chemical safety were presented (among others REACH and GHS system) and information about the biggest world chemical catastrophes was showed.

Keywords: civilization threats, chemical threats, green chemistry, chemical safety, education for safety.