

Romuald Bogoczek

Akademia Ekonomiczna we Wrocławiu

ZRÓWNOWAŻONY ROZWÓJ W TECHNOLOGII CHEMICZNEJ NA ŚWIECIE

1. Wpływ technologii na środowisko

Świat znajduje się obecnie w sytuacji, gdy różne aspekty gwałtownie rozwijającej się technologii konfrontują go z problemami środowiskowymi, jakie dotychczas nie były znane w tej skali. Zarówno z uwagi na globalizację gospodarki, jak i na samą naturę technologii, to, co się dzieje w zakresie technologii w jednym kraju wpływa na stan środowiska w innych krajach.

Technologia chemiczna ma to do siebie, że wytwarzając produkty niezbędne do życia na określonym poziomie cywilizacyjnym, emituje do środowiska liczne odpady. Czasem są to toksyny (gazowe, ciekłe i stałe), które, pogarszając krótko- lub długofalowo stan tego środowiska, zwiększają m.in. statystykę zachorowalności obecnego pokolenia i zmniejszają szanse na lepszy byt przyszłym pokoleniom. Do tego dochodzi sytuacja, w której obecna technologia (chemiczna, energetyczna, i inne) wyczerpuje surowce nieodtworzalne (kopalne), odbierając przyszłym pokoleniom możliwości życia na poziomie cywilizacyjnym, do jakiego społeczeństwa są już przyzwyczajone. W ostatnich 150 latach technologia chemiczna zmieniła w sposób istotny nasz poziom życia i wydaje się, że nie ma od tego odwrotu. Znane jest powiedzenie, że „chemia żywi, leczy, buduje”, język ludowy dodał do tego: „i truje”.

Definiując technologię chemiczną jako tę dziedzinę, dzięki której społeczeństwa wytwarzają wszelkie produkty materialne dające się określić wzorem chemicznym, a ich wyprodukowanie odbywa się za pomocą świadomie regulowanej reakcji chemicznej, mamy sytuację, gdzie prawie wszystkie produkty materialne (dotyczy to również mieszanin) są wytworem technologii chemicznej bądź zetknięty się z nią w procesie ich wytwarzania. Tak więc wytworami technologii chemicznej są np. środki spożywcze (ok. 5500 różnych chemikaliów dodaje się do żywności w celu poprawienia jej jakości), środki farmaceutyczne (lekarstwa, ok.

4000 leczniczo aktywnych środków, z tego ponad 20 000 lekarstw występujących pod różnymi nazwami, środki higieniczne), materiały budowlane (zarówno tradycyjne, jak i nowoczesne), wszelkie metale (wytwarzane z rud za pomocą reakcji chemicznej), środki transportu (karoserie metalowe pokryte lakierami, tworzywa sztuczne zmniejszające ciężar i poprawiające sprawność energetyczną, wszelkie materiały pędne, smarne, dodatki do paliw, katalizatory itp.), tekstylia (włókna syntetyczne, chemikalia polepszające włókna naturalne, barwniki, środki „wykańczające” tekstylia, apretury itd.), materiały opakowaniowe, materiały biurowe (wszelkie materiały papierowe, książki itp., atrament, tonery do fotokopiowania), układy elektroniczne (w tym tranzystory i układy scalone, ekrany na ciekłych kryształach), domowe (chemia gospodarcza), materiały i barwniki do tapet, tworzywa i elektronika dla telewizji, radia, telefonia (w tym telefony komórkowe), taśmy wideo, magnetofonowe, dyskiety i CD, wszelkie środki czyszczące, materiał i barwniki do wykładzin i dywanów itd., dla rolnictwa (agrochemia, nawozy mineralne, środki ochrony roślin chwastobójcze i owadobójcze, wylicza się ok. 1500 różnych biologicznie aktywnych związków chemicznych) i surowce energetyczne (surowce, zwłaszcza nieodtwarzalne, kopalne, węgiel kamienny, węgiel brunatny, różnych rodzajów ropa naftowa, gaz ziemny).

Nie ulega wątpliwości, iż uwarunkowaniem istnienia i rozwoju wszelkich innych technologii jest technologia chemiczna, gdyż to ona powoduje, że pojawiają się na rynku nowe materiały, z których inne technologie mogą wytworzyć produkty bezpośrednio używane przez człowieka. Niestety, czas użyteczności materiałów dla człowieka jest ograniczony i m.in. dlatego trzeba je wciąż na nowo wytwarzać, a przy tym emituje się do środowiska (ang. *environment*; franc. *environnement*; niem. *umwelt*; ros. *okružajuszczaja sreda*) liczne odpady w różnych stanach skupienia. Na skutek tego metody stosowane w technologii (operacje technologiczne i procesy technologiczne w określonej aparaturze, instalacji technologicznej, przy użyciu wymienionych typów surowców i rodzajów energii) mogą być niebezpieczne dla człowieka i środowiska [Porteous 1996; Bliefert 1997; Manahan 1997].

Ogromne katastrofy chemiczne, jakie w przeszłości miały miejsce na świecie w zakładach stosujących procesy chemiczne, zwróciły uwagę społeczeństw na fakt stosowania przez chemię, technologię chemiczną i pokrewne technologie niebezpiecznych dla zdrowia i życia substancji i procesów [Wright 1998].

2. Historyczny rozwój konceptji zrównoważonej technologii chemicznej

Narastanie świadomości i oburzenie społeczeństw na ogrom skażeń środowiska (występujących szczególnie w razie awarii przemysłowych), miało miejsce najwcześniej w kraju, gdzie technologia chemiczna jest najbardziej rozwinięta, tj. w USA.

Rozwój świadomości społecznej w kierunku zrównoważonego rozwoju technologii miał kilka etapów [Wright 1998].

Do około 1960 r. społeczeństwa nie były świadome szkód powstających w środowisku na skutek skażeń emitowanych przez instalacje przemysłowe. Nie istniały regulacje prawne dotyczące wytwarzania, użytkowania i niszczenia chemikaliów.

W trzydziestoleciu 1960-1990 [Carson 1962] miała miejsce seria bardzo nagłośnionych przez massmedia wypadków, awarii chemicznych, które zwróciły uwagę opinii światowej na zagrożenia związane z wytwarzaniem, użytkowaniem i pozbywaniem się niektórych niebezpiecznych chemikaliów. I tak np.:

1. DDT i szereg innych pestycydów zostało zidentyfikowanych jako bardzo szkodliwe w łańcuchu pokarmowym. Doprowadziło to do zamknięcia ich produkcji.

2. W USA w stanie Ohio rzeka Cuyahoga została tak bardzo zanieczyszczona olejami, że zaczęła się palić. Spowodowało to apel o regulacje prawne dotyczące czystości wód.

3. W okolicy wodospadów Niagary istniał w latach 1930-1950 kanał, który posłużył za wysypisko odpadów chemicznych. Został zasypany i zapomniany. W roku 1971 okazało się, że wymywają się z niego chemikalia, powodujące choroby nowotworowe i wady rozwojowe u dzieci. Trzeba było przesiedlić ok. 1000 rodzin.

4. W latach osiemdziesiątych rozpoznano destrukcyjny wpływ chloro-fluoro-węglowodorów na warstwę ozonową w stratosferze. Doprowadziło to do przyjęcia Protokołu z Montrealu zabraniającego produkcji chloro-fluoro-węglowodorów (CFC), uważanych wcześniej za całkowicie bezpieczne.

5. W roku 1986 nastąpiła tragedia w Bhopalu w Indii, gdzie na skutek rozszczelnienia się zbiornika zawierającego izocyjanian metylu zmarły setki mieszkańców pobliskiego miasta. Doprowadziło to do ustanowienia aktu prawnego pod nazwą Right to Know Act.

6. W Rumunii, przy oczyszczaniu złota roztworem wodnym cyjanku (co jest z punktu widzenia technologicznego dobrą i często na świecie stosowaną metodą), nastąpiło przerwanie ścian zbiorników zawierających dużą ilość roztworu cyjanku. Roztwór popłynął Dunajem w kierunku Morza Czarnego, wyrządzając olbrzymie szkody w biosferze i w gospodarce komunalnej miast położonych wzdłuż Dunaju.

Po roku 1990 obserwuje się nowe podejście (zapoczątkowane w USA) do rozwiązywania omówionych problemów. Powstaje nowe spojrzenie na rozwój technologii chemicznej, zwane *green chemistry*. Polega ono na wynalezieniu i realizacji takich nowych procesów przemysłowych (w zastępstwie dotychczasowych), w których nie stosuje się i nie produkuje niebezpiecznych dla środowiska substancji.

3. Nowe podejście do realizacji technologii

Procesy *green chemistry* wymagają nowych pomysłów i innego ukierunkowania wynalazczości chemicznej, są one często interdyscyplinarne i angażują nauki

podstawowe. Wynikiem tego jest świadoma tendencja tworzenia takiej technologii chemicznej, która jest „czysta” i ma zdolność przetrwania przyszłych pokoleń [Anastas, Warner 1998; Lancaster 2002].

Analiza katastrof chemicznych, jakie miały miejsce na świecie, spowodowała, że w kręgu ludzi skupionych wokół rządu Stanów Zjednoczonych Ameryki Północnej powstała koncepcja przekształcenia technologii chemicznej i stosowanych nauk pokrewnych w nauki i techniki znacznie bardziej bezpieczne dla człowieka niż miało to miejsce dotychczas. Powstało zatem nowe podejście do wymienionych dziedzin nauki i techniki, które otrzymało nazwę „zielonej chemii”. Przez to pojęcie rozumie się technologię chemiczną i pokrewne technologie, stosujące surowce, półprodukty i produkty, a także procesy przyjazne człowiekowi i środowisku. Jest to nazwa stosowana w technologii chemicznej dla tego typu działań, jakie gdzie indziej noszą nazwę technologii chemicznej „zrównoważonej”. Pojęcie i zakres „zielonej chemii” nie jest synonimem zrównoważonego rozwoju, bo obejmuje tylko działania z zakresu technologii chemicznej.

Aktualne pojęcie zrównoważonego rozwoju (ang.: *sustainable development, sustainability*; niem.: *nachhaltiges Wachstum, nachhaltige Entwicklung, Nachhaltigkeit*; ros.: *уравновешенное развитие*) pochodzi od Komisji Brundtland (1987) działającej w ramach Komisji ONZ ds. Środowiska i Rozwoju, która zdefiniowała „zrównoważony rozwój” jako: „... spełnianie potrzeb aktualnych bez pomniejszania możliwości do spełnienia przyszłym pokoleniom ich własnych potrzeb” [Lancaster 2002].

W odniesieniu do technologii chemicznej, gdzie mówi się o „zielonej chemii” (lub lepiej: zielonej technologii chemicznej), bardziej szczegółowa definicja będzie brzmiała: „Wynalezienie, projektowanie i stosowanie surowców, materiałów pomocniczych, półproduktów i produktów finalnych, a także procesów do ich wytwarzania, nieszkodliwych dla środowiska i tym samym nie umniejszających przyszłym pokoleniom potencjalnych możliwości do zaspokajania ich własnych potrzeb” [Lancaster 2002].

Z historii wiadomo, że już Thomas Jefferson w roku 1789 r. poczynił podobne uwagi [Lancaster 2002], lecz wtedy nie było jeszcze konieczności realizowania „zrównoważonego rozwoju”, gdyż produkcja przemysłowa nie zagrażała społeczeństwu. Rewolucja przemysłowa rozpoczęła się dopiero ok. 1850 r., a liczba ludności na świecie wynosiła wtedy niespełna jedną szóstą obecnej populacji. Środowisko radziło sobie dość dobrze z samodegradacją zanieczyszczeń technogennych i antropogennych [Bogoczek 1998]. Dopiero teraz, gdy liczba ludności na świecie przekroczyła 6 miliardów, a ludzie mają określone duże potrzeby materialne, tj. spożywcze, mieszkaniowe, ubraniowe, lecznicze, transportowe, informacyjne i inne, stosowanie technologii jest tak powszechne, że przekracza możliwości środowiska do samooczyszczania się z toksycznych odpadów gazowych ciekłych i stałych, jakie emituje technologia w procesie produkcji [Bliefert 1997]. Obecnie

wydaje się, że zdolność do samooczyszczenia się, (autoregeneracji) środowiska z odpadów technologicznych została przekroczona i dlatego niezbędne jest przestrzeganie zasad zrównoważenia, tj. *in put-out put*.

W kręgu prezydenta USA przywiązuje się dużą wagę do realizacji zrównoważonego rozwoju technologii chemicznej i pokrewnych technologii. Na Agencję Rządową US Environmental Protective Agency (EPA), cieszącą się szczególną uwagą Prezydenta USA, nałożono we wczesnych latach dziewięćdziesiątych, podczas prezydentury Georga Busha (ojca), obowiązek czuwania nad zrównoważonym rozwojem procesów technologicznych. Prezydent Bush ustanowił doroczne nagrody za osiągnięcia w tej dziedzinie, a także granty w zakresie „zielonej chemii”, zrównoważonego postępu technologicznego. P.T. Anastas z White House Office of Science and Technology Policy, Washington DC/USA, wraz z J.C. Warnerem [Anastas, Warner 1998] opublikowali 12-punktowy program idei i zasad koniecznych do przestrzegania, aby dana technologia była zrównoważona. Z biegiem czasu również inni autorzy opublikowali swoje zasady postępowania prowadzące do zrównoważenia technologicznego.

Ruch „zielonej chemii” (zrównoważonej technologii) rozwija się szybko na całym świecie. Mocne szkoły uniwersyteckie znajdują się np. w Australii i Nowej Zelandii, w Wielkiej Brytanii, we Włoszech i innych państwach.

Ekolodzy zastanawiają się m.in. nad tym, w jakim tempie wolno nam zużywać paliwa nieodtwarzalne (kopalne) lub ile odpadów możemy bezpiecznie wydaląć do środowiska. Ponieważ brakuje jednoznacznej odpowiedzi na te pytania, więc istnieje powszechna zgoda na stosowanie odnawialnych surowców i odnawialnych źródeł energii, a także na zmniejszenie „zrzutów” odpadów do środowiska.

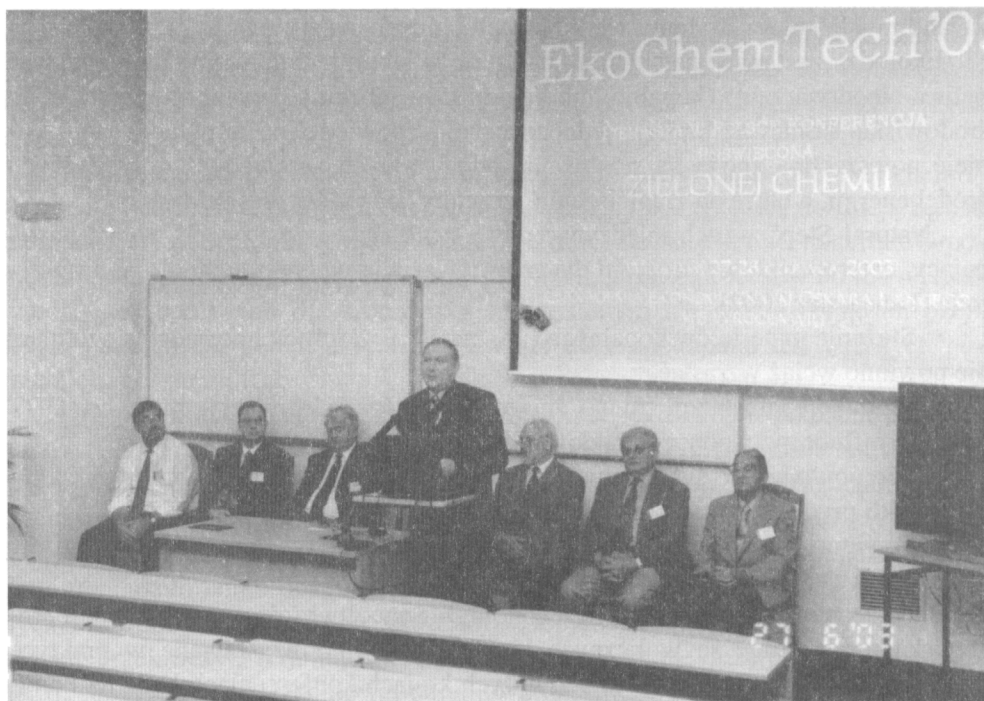
„Natural Step” – ruch międzynarodowy pochodzący ze Szwecji, wydał następujący, czteropunktowy program dla zrównoważenia wpływu technologii na przyrodę [Lancasster 2002]:

- Stężenie materiałów kopalnych (np. metali ciężkich) w przyrodzie naziemnej nie powinno wciąż wzrastać.
- Produkcja substancji trudno zniszczalnych (chemicznie trwałych, np. DDT lub chloro-fluoropochodnych węglowodorów) nie powinna wciąż wzrastać.
- Nie powinno się systematycznie niszczyć fizycznej bazy naturalnych ziemskich cykli produkcyjnych.
- Powinno istnieć sprawiedliwe i sprawne wykorzystywanie źródeł surowców naturalnych z szacunkiem dla ludzkich potrzeb.

Badania nad zrównoważeniem technologii z możliwością autoregeneracji środowiska prowadzone są w licznych krajach, a wyniki uzyskiwane w praktyce przedstawiane są na organizowanych w tych krajach konferencjach bądź na kongresach międzynarodowych.

W Polsce badania nad zrównoważeniem procesów technologicznych znajdują się w rozwoju i dlatego dla pionierów tego ruchu zorganizowano taką konferencję

po raz pierwszy w Polsce, w Akademii Ekonomicznej im. Oskara Langego we Wrocławiu, w dniach 27-28 czerwca 2003 r., pod nazwą: „EkoChemTech’03”. W konferencji uczestniczyły 72 osoby, w tym 10 z zagranicy. Przedstawiono na niej 63 prace naukowo-badawcze i przeglądowe, w tym 17 referatów, 18 komunikatów i 28 posterów. Jednostronicowe skróty wszystkich prezentacji ukazały się w wydanej jeszcze wcześniej książce, zwanej *Zbiorem streszczeń* [2003]. Po konferencji ukazał się zbiór wybranych pełnych opisów recenzowanych prac prezentowanych na konferencji, zawierający 4 prace przeglądowe i 24 prace doświadczalne (program i materiały konferencji EkoChemTech’03 Zielona Chemia [2003], G90 Green Chemistry, Prace Naukowe AE we Wrocławiu nr 1041). Ówczesny rektor Akademii Ekonomicznej prof. dr hab. Marian Noga, pod patronatem którego konferencja obradowała, oświadczył, że na Akademii Ekonomicznej we Wrocławiu prowadzi się od dłuższego czasu badania nad zrównoważonym rozwojem gospodarki narodowej i środowiska naturalnego, i to zarówno z punktu widzenia ekonomicznego (pod kierunkiem prof. dra hab. Bogusława Fiedora), jak i technologicznego (w Katedrze Technologii Chemicznej), dzięki temu, że w naszej uczelni funkcjonuje interdyscyplinarny Wydział: Inżynieryjno-Ekonomiczny.



Fot. 1. Otwarcie Konferencji EkoChemTech’03

Wcześniej, bo 24-28 czerwca 1996 r., Akademia Ekonomiczna im. Oskara Langego we Wrocławiu, siłami Katedry Technologii Chemicznej, zorganizowała światową konferencję POC'96, na temat reaktywnych polimerów. Jednym z wielu przeznaczeń tych związków chemicznych jest zrównoważenie impetu technologii chemicznej na środowisko, czyli korzystny wpływ na „zrównoważenie technologii”. W konferencji uczestniczyło aktywnie 160 osób z 24 krajów z 4 kontynentów. Skróty wszystkich prac opublikowano jeszcze przed konferencją w *Book of Abstracts* [1996], pełne zaś wybrane artykuły opublikowano w miesięczniku Elsevier'a: „Functional & Reactive Polymers” (1997 vol. 33 nr 2-3). Opinie i sprawozdania z tej konferencji zamieściły liczne krajowe i zagraniczne fachowe czasopisma („Polymer Science”, „Reactive and Functional Polymers”, „Orbital”, „Polymery”, „Nauka Wrocławska”, „Przemysł Chemiczny” – lata 1966-1967).



Fot. 2. Otwarcie światowej konferencji POC'96 Polimery stosowane w zrównoważonym rozwoju (160 uczestników z 4 kontynentów)

4. Zasady „zielonej chemii” – synonimu zrównoważonej technologii chemicznej

Poniższe, nowo sformułowane zrównoważone działania technologiczne wynikają m. in. z bardziej szczegółowych reguł postępowania technologicznego formułowanych przez autorów w okresie historii „zielonej chemii”.

1. Zwiększenie wydajności materiałowej i atomowej procesów chemicznych i zmniejszenie stosowania toksycznych materiałów [Burczyk 2002]. Chociaż od dawna znana jest technologom potrzeba zwiększania wydajności, to dopiero od niedawna notuje się istotne i niespodziewanie duże osiągnięcia w tym kierunku.

2. Tendencja prowadzenia procesów chemicznych z użyciem surowców i półproduktów nietoksycznych, zwłaszcza surowców odtwarzalnych. Reaktywne polimery spełniają takie warunki [Muraviev, Khamizov 2004; Kociólek-Balawejder 2000].

3. Wynalezienie i stosowanie rozpuszczalników nietoksycznych lub mniej toksycznych od dotychczas stosowanych w procesach chemicznych lub rezygnacja z rozpuszczalników, np. stosowanie ciągle dyskusyjnych cieczy jonowych lub uznanych ogólnie płynów znajdujących się powyżej lub w pobliżu swojej temperatury krytycznej (woda, ditlenek węgla lub proste związki organiczne) [Bogoczek, Pińkowska 2006; Pińkowska 2003; 2006].

4. Stosowanie promieniowania mikrofalowego do ogrzewania w procesach technicznych, zwłaszcza chemicznych [Zbiór streszczeń... 2003, s. 15.]. Wymieniona technika wymaga jeszcze wiele nakładów badawczych, m.in. dlatego, że różne związki chemiczne wykazują różną charakterystykę nagrzewania się w polu promieniowania mikrofalowego, podczas gdy w procesach technologicznych występują przeważnie mieszaniny substancji.

Dająca się zauważyć tendencja przechodzenia na stosowanie chemicznych i energetycznych surowców odnawialnych (surowce roślinne, energia słoneczna i jej pochodne) zamiast surowców nieodnawialnych (węgiel kamienny lub brunatny, ropa naftowa, gaz ziemny).

5. Rozwój badań reakcji katalitycznych i stosowania selektywnych katalizatorów (homogenicznych i heterogenicznych) oraz biokatalizatorów (enzymy – biotechnologia), mogących prowadzić m.in. do uproszczenia przebiegu reakcji chemicznych [Green Solvents... 2003].

6. Stosowanie w czasie rzeczywistym monitoringu przebiegu procesów chemicznych, co powinno zmniejszyć niebezpieczeństwo niespodziewanych zagrożeń dla środowiska [Anastas, Warner 1998].

5. Badania technologiczne zmierzające do zrównoważenia obciążających środowisko zrzutów z naturalnymi zdolnościami przyrody do jej samoregeneracji

Poniżej zamieszczono przykłady prac naukowych (tytuły prac) z zakresu „zielonej chemii”, które wskazują na duże, szczere zaangażowanie chemików w proces rozwoju zrównoważonej technologii chemicznej i ukierunkowanie tematyki badawczej przez wielu chemików na świecie, w tym także w Polsce, na zrównoważenie technologii z możliwościami środowiska do autoregeneracji.

Poniższe informacje podano na podstawie spisu treści Konferencji naukowych w Bruchsal/Niemcy 2002 r., DECHEMA e.V. [*Green Solvents...* 2002], w Tokyo 2003 r., Waseda University [*The First...* 2003] i we Wrocławiu 2003 r., Akademia Ekonomiczna (programu i materiałów konferencji EkoChemTech *Zielona Chemia* [2003]), a także innych publikacji prac przedstawiających nowe działania w kierunku zrównoważenia technologii chemicznej poprzez realizację zasad „zielonej chemii” również w Polsce:

Zielona chemia: stan obecny i wyzwania na przyszłość (P.T. Anastas) [*Green Solvents...* 2002],

Zielone koncepcje w rozwoju chemicznym (E. Kuesters) [*Green Solvents...* 2002],

Zielona chemia i kataliza dla zrównoważonej syntezy organicznej (R. Sheldon) [*The First...* 2003],

Zielona chemia a konsument (J. Clark) [*The First...* 2003],

Edukacja nt. zielonej chemii prowadzona w Japonii (Kazuko Ogino) [*The First...* 2003],

Termiczna zielona chemia (Ch. Strauss) [*The First...* 2003],

Zielona chemia [Paryczak, Lewicki, Zaborski 2005] – pierwsza polska monografia nt. zrównoważonej technologii chemicznej,

Zielone strategie w chemii polimerów (H. Pińkowska) [*Zbiór streszczeń...* 2003],

Zielona chemia: zadania, cele, przykłady osiągnięć (B. Burczyk) [2002], pierwszy polski obszerny artykuł naukowy nt. osiągnięć zielonej chemii,

Zielone metody wytwarzania półproduktów do syntezy polimerów (H. Pińkowska) [2006],

Zrównoważone technologie chemiczne (M. Taniewski), referat wygłoszony na konferencji „EkoChemTech’03 Wrocław 27-28 czerwca 2003,

W drodze od technologii tradycyjnej do technologii przyjaznej środowisku (R. Bogoczek), referat wygłoszony na konferencji EkoChemTech’03 [*Zbiór streszczeń...* 2003],

Aquasonolysis – quo vadis? (B. Ondruschka i in.), referat wygłoszony na konferencji „EkoChemTech’03 Wrocław 27-28 czerwca 2003 [*Zbiór streszczeń...* 2003].

Kataliza w układach kilkufazowych

[Kataliza multifazowa i szanse zastosowania jej w procesach katalitycznych] [*Green Solvents...* 2002].

CO₂ w stanie nadkrytycznym

[Reakcje chemiczne przeprowadzane w nadkrytycznym CO₂: od skali laboratoryjnej do skali przemysłowej] [*Green Solvents...* 2002],

[Uwodornienie estrów metylowych wyższych kwasów tłuszczowych w środowisku nadkrytycznych płynów] [*Green Solvents...* 2002],

[Stereoselektywna synteza w nadkrytycznym ditlenku węgla] [*Green Solvents...* 2002],

[Selektywne utlenianie alkanów molekularnym tlenem w sprężonym CO₂] [*Green Solvents...* 2002],

[Ciecze jonowe i nadkrytyczny CO₂ w periodycznych i ciągłych procesach biotechnologicznych] [*Green Solvents...* 2002],

Rozpuszczalniki organiczne w stanie nadkrytycznym

[Uwodornianie substancji w roztworze cieczy będących w stanie nadkrytycznym] [*Green Solvents...* 2002].

Woda w stanie nadkrytycznym

[Reakcje chemiczne przebiegające w wodzie znajdującej się w stanie bliskim nadkrytyczności lub w stanie nadkrytycznym] [*Green Solvents...* 2002],

[Zastosowanie płynów w stanie nadkrytycznym do surowcowego recyklingu materiałów polimerowych] [Bogoczek, Pińkowska 2006],

[Gazyfikacja biomasy w wodzie nadkrytycznej] [*Green Solvents...* 2002].

Ciecze jonowe

[Wyzwania i sposobności przy stosowaniu cieczy jonowych: separacje składników, ekstrakcje] [*Green Solvents...* 2002],

[Ciecze jonowe jako nowe i „zielone” środowiska reakcyjne dla katalitycznego utleniania i karbonylacji] [*Green Solvents...* 2002],

[Ciągła homogeniczna kataliza w układzie dwufazowym, a mianowicie w mieszaninie cieczy jonowej z nadkrytycznym CO₂] [*Green Solvents...* 2002],

[Epoksydacja elektrofilnych alkenów w środowisku cieczy jonowych] [*Green Solvents...* 2002],

[Enzymatyczna estryfikacja w środowisku cieczy jonowych] [*Green Solvents...* 2002],

[Czysta synteza w środowisku cieczy jonowych] [*Green Solvents...* 2002],

[Polimeryzacja fenyloacetyleny w cieczach jonowych] (A.M. Trzeciak, J.J. Ziółkowski 2003) [*Green Solvents...* 2002],

[Enzymatyczna kataliza w roztworze cieczy jonowych] [*Green Solvents...* 2002],

[Nanofiltracja w roztworze cieczy jonowych] [*Green Solvents...* 2002],

[Ekstrakcja siarki organicznej za pomocą cieczy jonowych – nową metodą głębokiego odsiarczania paliw płynnych] [*Green Solvents...* 2002].

Ogrzewanie mikrofalowe

[„Zielona” heterocykliczna synteza w wodzie blisko krytycznej, ułatwiona ogrzewaniem mikrofalowym] [*Green Solvents...* 2002],

[Efektywność suszenia konwekcyjno-mikrofalowego produktów rolno-spożywczych] (J. Stanisławski) [2003].

6. Podsumowanie i wnioski

Po ponad 150 latach intensywnego rozwoju przemysłu, w tym technologii opartej na reakcjach chemicznych, po zaobserwowaną, jako skutek tego wzrostu, liczbę jednocześnie żyjącej ludności zwiększoną z ok. 1,5 mld do ponad 6 mld, ludzkość doszła do wniosku, po szeregu katastrof ekologicznych, że należy diametralnie zmienić technologię. Z surowców energetycznych należy stosować surowce odtwarzane przez przyrodę, a z surowców materiałowych i półproduktów – materiały nietoksyczne.

Taka świadomość była początkowo rewolucyjna dla technologów, ale z biegiem czasu coraz to większa ich część przekonuje się do takiego poglądu. Tak zreformowana technologia chemiczna nosi nazwę „zielonej chemii” i jest „równoważona” z potencjalną możliwością środowiska do jego samoregeneracji. Na świecie, a także w Polsce, obserwuje się szybki wzrost liczby prac naukowych i wdrożeń uwzględniających zasady „zielonej chemii”. Z artykułu wynika istotny wniosek, że przestrzeganie w przemyśle 12 zasad „zielonej chemii” doprowadzi do zrównoważenia technologii na świecie. Zrównoważenie całej gospodarki ogólnoludzkiej wymaga, aby również ekonomia, w całej swojej rozpiętości dyscyplin naukowych, stała się „zrównoważona” z potencjalną możliwością dynamicznej, bezpiecznej, działalności ludzkiej.

W Akademii Ekonomicznej we Wrocławiu z powodzeniem bada się od lat sprawy zrównoważenia w obu zakresach gospodarki, a mianowicie technologii (w Katedrze Technologii Chemicznej), oraz ekonomii (w Katedrze Ekonomii Ekologicznej), a wynikające z tych badań szczegółowe nowe rozwiązania technologiczne bądź ekonomiczne są rozpowszechniane w licznych publikacjach polskich i anglojęzycznych.

Literatura

- Anastas P.T., Warner J.C., *Green Chemistry: Theory and Practice*, Oxford University Press, New York 1998.
Bliefert C., *Umweltchemie*, 2. Auflage, Wiley 1997.

- Bogoczek R., *Materiały do wykładów z chemii środowiska na Wydziale IE Akademii Ekonomicznej we Wrocławiu*, Wydawnictwo AE 1998.
- Bogoczek R., Pińkowska H., *Zastosowanie płynów w stanie nadkrytycznym do recyklingu surowcowego materiałów polimerowych*, „Przemysł Chemiczny” 2006 nr 7.
- Burczyk B., *Zielona chemia: zadania, cele, przykłady osiągnięć*, [Green Chemistry: principles, aims, and selected achievements], „Wiadomości Chemiczne” 2002 vol. 56, s. 9-10.
- Carson R., *Silent Spring*, 1962, wysiwyg://3http://www.epa.gov/greenchemistry/whats_gc.html.
- Green Solvents For Catalysis (Environmental Benign Reaction Media, Book of Abstracts*, materiały konferencyjne, Bruchsal, Germany 13-16 October 2002.
- Kociótek-Balawejder E., *A macromolecular N,N-dichlorosulfonamide as oxidant for cyanides*, „European Polymer Journal” 2000 vol. 36, s. 295-302.
- Konferencja POC'96 24-28. 06. 1996 r. Book of Abstracts of Lectures and Oral & Poster Contributions*, Wydawnictwo AE, Wrocław 1996.
- Lancaster M., *Green Chemistry: An Introductory Text*, Royal Society of Chemistry, Drew University, Madison 2002.
- Manahan S.E., *Environmental Science and Technology*, Lewis Publ., Albany 1997.
- Muraviev D.N., Khamizov R.Kh., *Book of the Conference „Ion Exchange Technology for Today and Tomorrow”*, Proceedings IEX, Cambridge 2004, s. 151-160.
- Paryjczak T., Lewicki A., Zaborski M., *Zielona chemia*, Wydawnictwo PAN, Łódź 2005.
- Pińkowska H., *Zielone metody wytwarzania półproduktów do syntezy polimerów*, „Przemysł Chemiczny” 2006 vol. 84 nr 4, s. 242-248.
- Pińkowska H., *Zielone strategie w chemii polimerów*, [w:] Zbiór streszczeń z „EkoChemTech'03 Zielona Chemia”, pierwsza Konferencja nt. Zielonej Chemii, Wydawnictwo AE, Wrocław 2003, s. 28-29.
- Porteous A., *Dictionary of Environmental Science and Technology*, second ed., Wiley, London 1996.
- Stanisławski J., *Efektywność suszenia konwekcyjno-mikrofalowego produktów rolno-spożywczych*, Prace Naukowe Akademii Ekonomicznej nr 1041 „Zielona Chemia” s. 109-117.
- The First International Conference on Green & Sustainable Chemistry*, Tokyo, March 13-15, 2003, Book of Abstracts.
- Trzeciak A.M., Ziółkowski J.J., *Polymerization of phenylacetylene catalyzed by RhTp (cod) and RhBp (cod) complexes in ionic liquids*, [w:] *Green Solvents for Catalysis (Environmental Benign Reaction Media)*, Book of Abstracts, s. 97.
- Wright L.J., *University of Auckland, New Zealand 1998: Green Chemistry*, EPA www.epa.gov/greenchemistry.
- Zbiór streszczeń z konferencji „EkoChemTech'03 nt „Zielona Chemia” 27-28 czerwca 2003, Wydawnictwo AE, Wrocław 2003.

SUSTAINABLE DEVELOPMENT OF ENGINEERING CHEMISTRY IN THE WORLD

Summary

In this paper, the chemical technology has been described as a domain of human activity which is essential to sustain the current level of civilization for an unusually high number of population on earth. The negative influence of chemical technology on the environment as well as on the health of

the community at large was also described. Green Chemistry has been shown as an antidote to that dichotomy. Green Chemistry is the technological version of the sustainable development of human society. It has been shown that in the Wrocław University of Economics both the technological and the economic directions of the sustainable development are being developed and two of international conferences have been held on the technological methods and means which diminish the chemical and technological environmental impact. It has been shown how technology should develop to not threaten the environment. At the end of the paper, a review of the most valuable articles on Green Chemistry was given what should give the reader a possibility familiarized with the range of involvement by engineers and Polish scientists and chemists in launching new ways of sustainable development