

# Nowe wyzwania dla przemysłu chemii nieorganicznej

## New trends for industry of inorganic chemistry

Grzegorz SCHROEDER – Uniwersytet im. A. Mickiewicza, Wydział Chemii, Poznań;

Barbara CICHY – Instytut Nawozów Sztucznych, Oddział Chemii Nieorganicznej „IChN”, Gliwice

Prognozy dotyczące rozwoju cywilizacji wskazują, że szczególne miejsce w zapewnieniu ludzkości wyżywienia, godnych warunków egzystencji oraz przedłużenia czasu życia, zajmują nauki biologiczne i chemiczne. Osiągnięcia naukowe w zakresie chemii są ważnym narzędziem, służącym do tworzenia dobrobytu i poprawy jakości życia społeczeństw. Sytuacja ta wynika ze szczególnej roli przemysłu chemicznego. Synteza chemiczna jest zawsze pierwszym etapem tworzenia materiałów użytkowych. Przemysł chemiczny w Europie zajmuje dopiero trzecie miejsce pod względem wielkości produkcji, i jego dominująca rola z powodu postępującej globalizacji, będzie w najbliższych latach malała. Odległości fabryki chemicznej od odbiorcy, czyli koszty transportu, przestają mieć kluczowe znaczenie; najważniejsze staje się dostarczenie klientowi produktu o określonej jakości po umiarkowanej lub najniższej cenie. Przemysł chemiczny jest branżą specyficzną, podlegającą szczególnemu nadzorowi społecznemu, ekologicznemu i prawnemu. Specyfika współczesnego przemysłu chemicznego wynika z:

1. dużej różnorodności produkcji i asortymentu wytwarzanych chemikaliów
2. produkcji głównie dla własnych potrzeb
3. wdrażanej innowacyjności (B+R)
4. skoncentrowanej struktury rynku
5. silnego uzależnienia od surowców i dostępu do energii
6. kapitałochłonności.

Europejski przemysł chemiczny, charakteryzujący się takimi parametrami, musi poszukiwać rozwiązań dotyczących:

1. rosnącej globalizacji
2. wzrostu cen surowców
3. wdrażania krajowych, europejskich oraz światowych rozporządzeń prawnych dotyczących chemikaliów i środowiska
4. problemów regionalnych
5. ekonomicznych, makroregionalnych problemów, w tym zmiany kursów walut
6. wyższych oczekiwań odbiorców oraz zmieniających się wymagań siły roboczej.

Jednym z najistotniejszych czynników wpływających na branżę chemiczną jest postępująca globalizacja firm i rynków chemicznych. W Europie rynek podstawowych, nieprzetworzonych chemikaliów, jest w zasadzie zrównoważony, zarówno pod względem surowców, jak i zbytu. Natomiast dynamicznie wzrasta rynek chemikaliów wysoce przetworzonych, o znacznym stopniu czystości, czy określonej funkcjonalizowanej strukturze. Ze względu na bardzo wysokie koszty produkcji w Europie, związane z cenami pracy i energii, a także kosztami dostosowywania się do wymagań środowiskowych i systemu REACH, coraz większym problemem dla europejskich, w tym polskich, producentów staje się wzrastający import produktów chemicznych z Azji.

Rozwój przemysłu chemicznego w najbliższych latach związany będzie z dążeniem społeczeństwa do realizacji idei zrównoważonego rozwoju. Ten trend jest już obecnie obserwowany w wielu krajach europejskich. Poza uwarunkowaniami społecznymi, dalszy rozwój przemysłu chemicznego będzie wynikał przede wszystkim z:

- bariery materiałowej, wymuszającej oszczędność materiałów (surowców)

- bariery energetycznej, wymuszającej oszczędność energii
- bariery ekologicznej, wymuszającej bezpieczeństwo produkcji, bezodpadowość, dbałość o środowisko naturalne i bezpieczeństwo konsumenta.

Dynamiczny rozwój przemysłu chemicznego w Europie jest możliwy tylko pod warunkiem zmiany asortymentu produkowanych niskoprotworzonych chemikaliów na rzecz materiałów wysokoprotworzonych. W najbliższych latach należy uwzględnić cztery równoważne kategorie determinujące postęp:

1. nowe technologie
2. innowacyjność
3. uwarunkowania społeczne
4. ekonomię przedsięwzięcia.

Rozwój nowych technologii opierać się będzie przede wszystkim na procesach katalitycznych i biochemicznych (biotechnologii). Kataliza odgrywać będzie pierwszoplanową rolę nie tylko w procesie wytwarzania chemikaliów, ale również, a może przede wszystkim, w procesie ochrony środowiska naturalnego przed odpadami, gazami, produktami ubocznymi wytwarzanymi w przemyśle chemicznym. Biotechnologia, z jej wszelkimi odmianami, ma zapewnić znaczne obniżenie cen surowców. Zielona biotechnologia (agrobiotechnologia), zajmuje się aspektami związanymi z rolnictwem. Ten dział przemysłu ma zapewnić surowce spożywcze i przemysłowe. Do roślin, które są wykorzystywane w agrobiotechnologii, należy zaliczyć: soję, bawełnę, rzepak i kukurydzę. Produkcja przemysłowa w tej gałęzi biotechnologii oparta jest przede wszystkim na roślinach modyfikowanych genetycznie dla celów przemysłowych. Biała biotechnologia, to biotechnologia zajmująca się wykorzystaniem systemów biologicznych: komórek, pleśni, bakterii, drożdży oraz enzymów z nich pochodzących, w przemyśle i ochronie środowiska. Szacuje się, że w najbliższej dekadzie przemysł chemiczny będzie w 10 do 20% uzależniony od bioprocessów. Czerwona biotechnologia, to biotechnologia na poziomie molekularnym, której produkty przeznaczone są przede wszystkim do celów medycznych, np. insulina. Niebieska biotechnologia, to obszar biotechnologii związany ze środowiskiem wód (jezior, rzek, mórz i oceanów). Produkcja nawozów dla potrzeb rolnictwa z roślin pozyskiwanych ze zbiorników wodnych, to główne zadanie niebieskiej biotechnologii. Fioletowa biotechnologia, to biotechnologia zajmująca się zagadnieniami społecznymi, takimi jak akceptacja żywności modyfikowanej genetycznie przez społeczeństwa, czy edukacja biotechnologiczna. Pomimo, że ten ostatni rodzaj biotechnologii nie jest bezpośrednio związany z produkcją przemysłową, to musi być również uwzględniany w zrównoważonym rozwoju przemysłu.

W celu dostosowania się do wymagań środowiskowych, komercjalizacji i globalizacji, przedsiębiorstwa przemysłu chemicznego przyspieszają tempo restrukturyzacji. W tym kontekście, jak podkreślali uczestnicy Panelu Ekspertów Foresightu Technologicznego – Odpady nieorganiczne przemysłu chemicznego, konieczna jest konsolidacja polskich zakładów chemicznych, w celu uzyskania minimalnej kwoty ok. 1 mld EUR kapitału, koniecznego dla uzyskania potencjału dużej, liczącej się na rynku europejskim firmy chemicznej. W branży chemicznej firmy tej wielkości są zdolne nie tylko konkurować

między sobą, ale również inwestować w modernizację technologii lub budowę nowych zakładów, zgodnie z ostrymi wymaganiami ekologicznymi.

Opierając się na „globalnej nauce i technologii”, przeprowadza się daleko idące modyfikacje technologii, co pociąga za sobą konieczność znacznych inwestycji, a w konsekwencji nie zawsze prowadzi do obniżenia kosztów produkcji. Należy oczekiwać, że w najbliższych latach produkcja nawozów fosforowych w Polsce będzie utrzymana na tym samym poziomie, ale na bazie kwasu fosforowego, a nie na fosforytów. Ten kierunek zmian wynika z warunków ekonomicznych i cen transportu surowca do kraju, znacznie przekraczających koszty transportu kwasu fosforowego wytworzonego w miejscu złóż fosforytów. Zupełnie inna sytuacja jest w przypadku produkcji kwasu siarkowego. Na podstawie technologii wykorzystujących produkt uboczny, gazowe tlenki siarki z produkcji metali nieżelaznych, w szczególności miedzi, wydaje się być stabilnym obszarem produkcji krajowego kwasu siarkowego.

Koszty energii niezbędnej do wytworzenia chemikaliów, to ok. 10-60% kosztów produkcji większości wyrobów. Dlatego ceny energii mają istotny wpływ na przyszłość branży chemicznej. W wielu wypadkach, dzięki zastosowaniu biotechnologii, jednostkowe zużycie energii na jednostkę produkcji w ciągu ostatnich 20. lat spadło o 35%. W celu pozyskiwania wysoko przetworzonych chemikaliów, „biała biotechnologia” zastępuje złożone, kosztowne i nieekologiczne syntezy chemiczne. W „zielonej biotechnologii” opartej przede wszystkim na biomacie, cennym ekologicznym surowcu, upatruje się kolejnego źródła dla pozyskiwania nowych, wysokoprzetworzonych chemikaliów. Integracja przemysłu chemicznego z biotechnologią i naukami biologicznymi w wytwarzaniu i pozyskiwaniu cennych substancji chemicznych staje się faktem, i będzie tym obszarem, który nie tylko spełnia wymagania „zielonej chemii”, ale również ma pełną akceptację społeczną.

Rozwój przemysłu chemicznego uzależniony jest od dostępności gazu ziemnego i jego cen na rynkach światowych. Cena tego surowca determinuje rozwój nie tylko przemysłu organicznego czy polimerów, ale również przemysłu nawozów mineralnych, czy chemii związków nieorganicznych.

Badania OECD w przemyśle chemicznym wykazały, że zastosowanie biotechnologii może zmniejszyć koszty operacyjne przedsiębiorstwa i znacznie poprawić oddziaływanie tego przemysłu na środowisko naturalne. Mimo że biotechnologia jest małą częścią przemysłu chemicznego (< 10%), rozwija się szybko i może wspierać innowacje w pozostałej części przemysłu chemicznego. Produkcja wysoko przetworzonych chemikaliów oparta na procesach katalizy, biokatalizy, chemii kombinatorycznej, biotechnologii, sprawniejszej i bardziej selektywnej separacji produktów końcowych, to jedyna droga zapewniająca rozwój przemysłu chemicznego w zgodzie z zasadami zrównoważonego rozwoju.

Umiejętność produkcji nanomateriałów przez zakłady przemysłu chemicznego, w najbliższych latach odegra kluczową rolę w rozwoju tego przemysłu. Wielkość cząstek chemikaliów stanowi o ich właściwościach i zastosowaniu. Nanotechnologia otwiera nowe możliwości zastosowania starych, znanych surowców. Rewolucja naukowa w tym obszarze technologii doprowadziła do powstania ogromnego zapotrzebowania na nowe nanomateriały dla przemysłu elektronicznego, medycyny czy produkcji chemicznych i alternatywnych źródeł energii. Równocześnie z rozwojem nanotechnologii, i ogromnym wzrostem wiedzy o nanocząstkach, pojawia się problem pyłów o wielkości poniżej 2,5 nm emitowanych w przemyśle. Ta emisja nanocząstek, dotychczas słabo monitorowana, w najbliższych latach wymaga szczególnego opracowania.

Innowacyjność, to drugi czynnik determinujący rozwój przemysłu chemicznego. Innowacyjność rozumiana jest obecnie znacznie szerzej niż nowa technologia procesu; dotyczy wszystkich aspektów technologicznych, ekonomicznych i ochrony środowiska naturalnego

dla danego zakładu produkcyjnego. W tym kontekście innowacyjność dla branży chemicznej, to:

1. nowe źródła surowców
2. zintegrowany system zakupów
3. nowatorski sposób zarządzania przedsiębiorstwem, zmiana właściciela strategicznego
4. inny sposób promocji i dystrybucji produktu
5. tworzenie globalnych systemów informacji
6. innowacyjność, polegająca na obniżeniu kosztów obsługi firmy, np. zmiana banku, sposobu księgowania itp.

W tym kontekście zakład przemysłu chemicznego może być innowacyjny nie zmieniając technologii procesu wytwarzania produktu. Szczególnie widać to w produkcji nawozów mineralnych. Nawozy mocznik-superfosfat (USP) (*urea-superphosphate*) oraz technologie wytwarzania na jego bazie wieloskładnikowych nawozów, to obecnie dynamicznie rozwijająca się dziedzina produkcji nowej generacji nawozów mineralnych. Większość produkowanych nawozów jest granulowana, zastępując sypkie produkty używane przez wiele lat w rolnictwie. Z odsiarczania gazów w elektrowniach i elektrociepłowniach przemysłu energetycznego, uruchomione zostaną technologie produkcji siarczanu amonu, ważnego nawozu mineralnego.

W rozważaniach na temat rozwoju przemysłu chemicznego należy uwzględnić coraz silniej rysujące się nastroje społeczne. Bagatelizowany przez lata problem, obecnie urasta do jednego z kluczowych czynników determinujących postęp przemysłu chemicznego. C. Gent w publikacji „*Changes in the chemical industry*”, klasyfikuje problemy społeczne w czterech kategoriach:

- *współdziałanie* – entuzjastyczna akceptacja nowych technologii przez społeczeństwo. Mikroelektronika jest powszechnie akceptowalna w nowej generacji: TV, wideo, hi-fi, DVD czy komputery.
- *odchylenie* – częściowa akceptacja technologii. Stosujemy produkty (np. telefon komórkowy, czy kuchenkę mikrofalową), w pełni akceptowane społecznie, ale ciągle mamy wątpliwości co do szkodliwego wpływu tych urządzeń na nasze życie.
- *przymusowa akceptacja* – rozmieszczenie technologii globalnych, np. elektrowni jądrowych, wiatrowych, przez potężne agencje, zgodnie z potrzebami społecznymi i globalnym zapotrzebowaniem, bez akceptacji lokalnych środowisk.
- *alergia* – kompletne odrzucenie przez społeczeństwo technologii. Przykładem takiego działania może być brak akceptacji dla żywności modyfikowanej genetycznie (GMO), czy nanotechnologicznie, w niektórych krajach.

Rozwój przemysłu chemicznego zależeć będzie bardzo silnie od edukacji i poziomu świadomości społeczeństw. Przemysł chemiczny, pomimo znacznych inwestycji w ochronę środowiska, staje się celem ataków organizacji pozarządowych, domagających się bardziej drastycznych przepisów w tym obszarze; zwiększa to koszty ponoszone przez producentów, wynikające z wprowadzania tych przepisów.

Dynamiczny rozwój przemysłu branży chemicznej jest możliwy tylko przy pełnej akceptacji społecznej. Aby uzyskać taką akceptację, przemysł chemiczny musi zadbać o podnoszenie swojego pozytywnego publicznego wizerunku, korzystając z politycznego i medialnego zaplecza. Konieczne jest przejście od cywilizacji nadmiaru do cywilizacji umiaru, jak określa obecną sytuację prof. Józef Szarawara. Polityczne wsparcie, to w branży chemicznej przede wszystkim: zrównoważona polityka w dziedzinie chemikaliów, bodźce ekonomiczne i prawne dla innowacyjności, oraz niebiurokratyzowanie przepisów.

Istotnym problemem ekonomicznym jest utrzymywanie chemicznych składowisk przez zakłady chemiczne. Dotychczas koszty profesjonalnego zagospodarowania i monitoringu ponoszą te zakłady. W przypadku ich likwidacji, na skutek upadłości lub przekształceń, koszty profesjonalnego utrzymania składowisk zostaną przeniesione na gminy, które nie tylko nie posiadają na to środków finansowych, ale również nie dysponują wykwalifikowaną kadrą chemików nadzorujących taki proces.

**Literatura**

1. Gent C.: *Changes in the chemical industry: the perspective of a catalyst supplier*. Chem. Commun. (2002) 2928.
2. Botschek P.: *Renewable resources – perspectives for the chemical industry*. Forum 2.11.2006, Helsinki region, Finland, www.smy.fi/renewableresources/2006/.../RRSF-PeterBotschek.pdf
3. Laghate V.: *Gas Allocation – A Chemical Industry Perspective*, Deepak Fertilizers and Petrochemicals. Corp. Ltd, Infraline Round Table Discussion, New Delhi, 5th June 2009.
4. Swift T.K.: *Where is the Chemical Industry Going? The future will see globalization, consolidation and technological change*. Business Economics, 32, October 1999.
5. Tretyakov Y.D.: *Development of inorganic chemistry as a fundamental for the design of new generations of functional materials*. Russian Chemical Reviews (2004) 73, 831.
6. Tzioumis K.: *EU Chemical Industry: Current State & Future Prospects*. London School of Economics. ECEG-EMCEF Workshop, 26-27 September 2007, Praga, Republika Czeska; www.eceg.org/files-en/Doc011.ppt
7. Gomez R., Tzioumis K.: *EU Chemical Industry: Current State & Future Prospects*. February 2008, www.eceg.org/files-en/Doc025.pdf
8. Nowak R., Płusa A., Litwin S., Pindur A., Winiarski A., Czornik F., Biskupska A., Malinowski P.: *Technologia wytwarzania i jakość nawozów mineralnych produkowanych na bazie USP w zakładach chemicznych „Siarkopol”*. Przemysł Chemiczny, (2003) 82, 855.

**Streszczenie**

W pracy przedstawiono kierunki rozwoju oraz tendencje zmian w nieorganicznym przemyśle chemicznym i gospodarce odpadami niebezpiecznymi. Przedstawiono problemy związane z postępującą globalizacją. Omówiono nowe, perspektywiczne technologie. Ukazano istotę pojęcia innowacyjności przedsiębiorstwa. Przedyskutowano uwarunkowania społeczne i ekonomiczne determinujące dalszy rozwój przemysłu chemicznego oraz gospodarki odpadami.

**Słowa kluczowe:** przemysł chemiczny, kierunki rozwoju, odpady, foresight

**Abstract**

In this paper the directions of development and trends of changes in inorganic chemical industry and in economy of dangerous wastes have been presented. Problems connected with progressive globalization was described. The one of the main goal of this article is also new future technologies of waste disposal industry. Finally the document discusses the innovation problems, economic and social acceptances of activities related to chemical industrial.

**Keywords:** chemical industry, waste, ways of development, foresight

Prof. zw. dr hab. Grzegorz SCHROEDER jest absolwentem Wydziału Matematyki, Fizyki i Chemii, kierunku chemia, Uniwersytetu im. Adama Mickiewicza w Poznaniu. Kieruje Zakładem Chemii Supramolekularnej na Wydziale Chemii UAM. Jest autorem ponad 300 prac naukowych, w tym 12 monografii z zakresu: syntezy związków biologicznie aktywnych, chemii supramolekularnej, chemii i ochrony środowiska, spektroskopii NMR, FTIR, spektrometrii mas (ESI, MALDI), kinetyki w roztworach oraz procesów przemysłowych. Od wielu lat współpracuje z firmami zajmującymi się gospodarką odpadami przemysłowymi. e-mail:schroede@amu.edu.pl

Dr inż. Barbara CICHY jest absolwentką Wydziału Chemicznego Politechniki Krakowskiej. Obecnie jest adiunktem - kierownikiem Zespołem Syntezy Nieorganicznej w Oddziale Chemii Nieorganicznej INS w Gliwicach. M.inn. kieruje pracami projektu „Odpady nieorganiczne przemysłu chemicznego – foresight technologiczny”. bcichy@ichn.gliwice.pl



INNOWACYJNA  
GOSPODARKA  
NARODOWA STRATEGIA SPOJNOŚCI

UNIA EUROPEJSKA  
EUROPEJSKI FUNDUSZ  
ROZWOJU REGIONALNEGO



Projekt nr WND-POIG.01.01.01-00-009/09 jest współfinansowany przez Unię Europejską ze środków Europejskiego Funduszu Rozwoju Regionalnego w ramach Programu Operacyjnego Innowacyjna Gospodarka 2007 – 2013



## Odpady nieorganiczne przemysłu chemicznego – foresight technologiczny



### O projekcie: dr inż. Barbara Cichy – kierownik Projektu

Rezultaty projektu zostaną szeroko rozpowszechnione i udostępnione bezpłatnie wszystkim zainteresowanym. Zwiększenie roli nauki w rozwoju gospodarczym wyraża się poprzez realizację prac wyprzedzających rozwój, w tym prac o charakterze prognostycznym, w oparciu o wiedzę i doświadczenie najwybitniejszych przedstawicieli świata nauki i przemysłu. Taki charakter ma przedstawiany Projekt. Wdrożenie rezultatów projektu przyczyni się do wzrostu konkurencyjności polskiej nauki oraz do zwiększenia innowacyjności polskich przedsiębiorstw. W raporcie końcowym wskazane zostaną oczekiwane kierunki rozwoju badań i priorytety.

Szczegółowym celem projektu jest analiza rodzaju i ilości odpadów przemysłowych oraz trudnych do zagospodarowania produktów ubocznych powstających w przemyśle chemicznym, a stanowiących istotne ograniczenie rozwoju tej ważnej gałęzi przemysłu. Scenariusze rozwoju, będące efektem końcowym projektu, wskażą drogę do uporządkowania gospodarki odpadowej w przemyśle chemicznym i zmniejszenia uciążliwości działania tego przemysłu dla zasobów ludzkich. Analiza stanu istniejącego w przemyśle oraz stanu wiedzy obejmującego badania wyprzedzające rozwój chemii i technologii nieorganicznej, pozwoli przewidzieć i uszczegółowić kierunki badań rozwojowych oczekiwanych przez przemysł i społeczeństwo dla realizacji celu głównego, jakim jest zrównoważony rozwój Polski.

Metody foresight są nowoczesnym narzędziem prognozowania rozwoju technologicznego i społecznego. Po raz pierwszy w tym projekcie przemysł nieorganiczny i gospodarka odpadami nieorganicznymi zostały objęte badaniami typu foresight. Realizacja projektu wymaga skorzystania z zaawansowanych narzędzi i produktów informatycznych oraz opracowania specjalistycznego, innowacyjnego oprogramowania, które może być następnie zaadaptowane do realizacji innych tematycznie projektów typu foresight technologiczny.

Rezultaty projektu zostaną szeroko rozpowszechnione i udostępnione bezpłatnie wszystkim zainteresowanym na konferencji końcowej oraz poprzez publikację specjalnego wydania czasopisma branżowego, a także w utworzonym portalu Projektu:

[www.inorganicwaste.eu](http://www.inorganicwaste.eu)