

Biopaliwa – czy wyczerpaliśmy już wszystkie możliwości?

Marta KIJEŃSKA - Instytut Chemii Przemysłowej im. prof. Ignacego Mościckiego, Warszawa;
Jacek KIJEŃSKI - Politechnika Warszawska, Szkoła Nauk Technicznych i Społecznych, Płock

Prosimy cytować jako: CHEMIK 2011, 65, 11, 1169-1176

Nasze środowisko życia wymaga ciągłego dogrzewania; przez dużą część doby oświetlania, a gospodarka pochłania ogromne ilości energii. Przewidywany wzrost światowej konsumpcji energii wynosi 54% między rokiem 2001 a 2025 [1]. Energetyczne potrzeby świata były do tej pory zaspokajane głównie przez nośniki pozyskiwane ze źródeł pochodzenia mineralnego – węgla, ropy naftowej i gazu ziemnego. Obecnie z paliw kopalnych pozyskiwane jest ok. 80% światowego zużycia pierwotnej energii, z czego aż 56% zużywa sektor transportu [2]. Jak powszechnie wiadomo, światowe zasoby mineralnych nośników energii ulegają systematycznemu wyczerpaniu, co pociąga za sobą kroczący wzrost ich cen. Zweryfikowane obecnie światowe rezerwy ropy naftowej wynoszą 169 mld t, węgla 847 mld t, a gazu ziemnego 177 trylionów m³. Rezerwy te, według stanu na 2007 r., przy obserwowanych dziś trendach rozwojowych, wystarczą w przypadku ropy naftowej na 42 lata; gazu ziemnego na 60 lat i odpowiednio 133 lata dla węgla [3]. Apogeum wydobycia ropy naftowej przewidywane jest na lata 40 XXI w. Biorąc pod uwagę kilkuprocentowy roczny wzrost zapotrzebowania w krajach wysoko- i średnio rozwiniętych, maksymalne wydobycie nastąpi przy znacznie wyższym zużyciu w stosunku do obecnego. Sytuacja powoli staje się więc dramatyczna. Światowy transport niemal w całości oparty jest na paliwach pochodzenia mineralnego – benzynie, oleju napędowym, gazie płynnym i sprężonym gazie ziemnym, niemal wyłącznie pochodzenia rafineryjnego.

Jakie, i czy w ogóle, są szanse zastąpienia konwencjonalnych źródeł energii odnawialnymi?

W 2002 r. udział energii odnawialnej w światowym bilansie zużycia energii wynosił 14%, z czego 11% pochodziło z biomasy lub odpadów [4]. Również zdroworozsądkowa analiza potencjalnych odnawialnych źródeł energii i surowców wskazuje, że przy obecnym stanie wiedzy, tylko biomasa ma potencjał zaspokojenia w znaczącej części potrzeb energetycznych świata, a także może być wydajnym źródłem surowców dla przemysłu chemicznego. W najbliższej przyszłości, jako istotnie strategiczne mogą być brane pod uwagę cztery źródła paliwowe: biopaliwa, wodór, biogaz i gaz syntezowy (syngaz) ze zgazowania surowców odnawialnych i węgla kamiennego, przy czym biopaliwa uważane są za najbardziej przyjazne środowisku [5]. Są nietoksyczne, biodegradowalne i wolne od siarki i związków rakotwórczych [6].

Biopaliwa

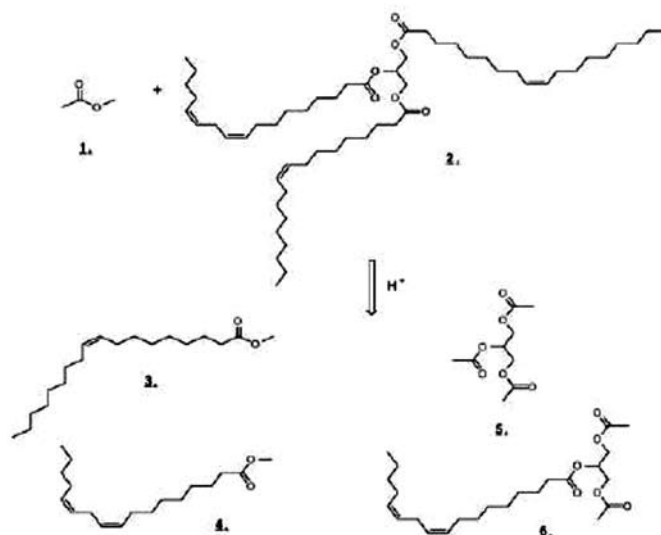
Pojęcie biopaliwa dotyczy substancji ciekłych, gazowych i paliw stałych produkowanych z biomasy. Są to substancje różnego typu. Biopaliwami są np. etanol, metanol, eter dimetylowy, biodiesel, olej napędowy z syntezy Fischera-Tropscha, wodór czy metan [5]. Biodieslem nazywamy transestryfikowane oleje roślinne używane do napędzania silników z samoczynnym zapłonem. Transestryfikacja olejów jest najpopularniejszą metodą stosowaną do zmniejszenia lepkości olejów roślinnych. Z powodu lepkości, oleje roślinne oraz tłuszcze zwierzęce (odpady z przetwórstwa mięsnego) nie mogą być używane jako bezpośrednie paliwo w większości istniejących silników Diesla. W procesie transestryfikacji glicerydy kwasów tłuszczowych zawarte w olejach ro-

ślinnych przetwarzane są wobec katalizatorów kwasowych lub zasadowych w estry metylowe (*fatty acids methyl esters* – FAME) lub etylowe (*fatty acids ethyl esters* – FAEE) w reakcji odpowiednio z metanolem lub etanolem (Rys. 1).



Rys. 1. Równanie reakcji transestryfikacji

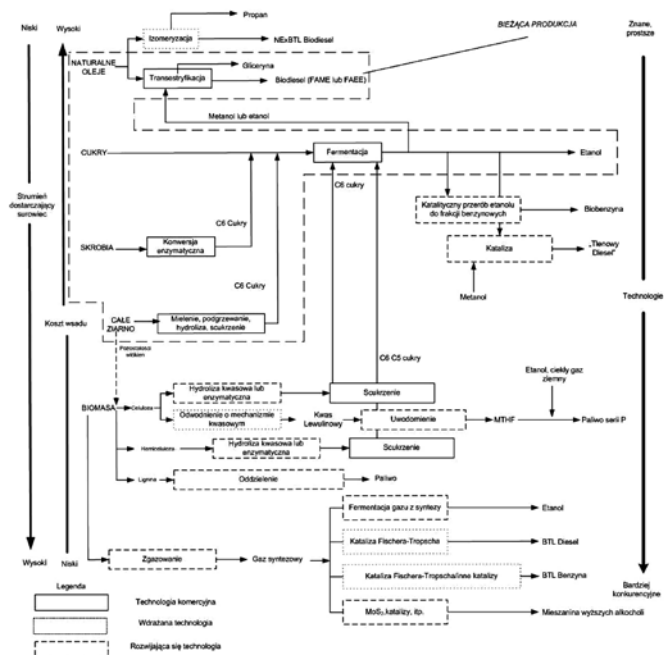
Ubočnym produktem procesu jest gliceryna, której zagospodarowanie w istotny sposób rzutuje na realną ekonomikę i rentowność stosowania biodiesla. Rozwiązaniem problemu gliceryny jest zastąpienie transestryfikacji olejów reakcją estryfikacji krzyżowej z mrówczanem metylu (etylu) lub octanem metylu (etylu). Produkt uboczny tej reakcji, trimrówczan (trioctan) gliceryny, jako cenny składnik paliwa, nie musi być oddzielany od FAME lub FAEE. Upraszczają to nie tylko proces technologiczny otrzymywania bioestrów, ale również podnosi jakość produktu końcowego (Rys. 2 [7]).



Rys. 2. Schemat reakcji otrzymywania Glicerolu®: 1. octan metylu; 2. ester gliceryny i kwasów tłuszczowych; 3., 4. estry metylowe kwasów tłuszczowych; 5. triacetyloglicerol; 6. Diacetylomonoacyloglicerol [7]

W 1991 r. dane dotyczące światowej produkcji biodiesla szacowały ją na 2,9 mln galonów, zaś produkcja bioetanolu wynosiła ponad 4318 mln galonów. W ciągu kilkunastu lat produkcja biodiesla wzrosła ponad stukrotnie, podczas gdy produkcja bioetanolu zaledwie podwoiła się (w 2003 r. wyprodukowano odpowiednio 467 mln galonów biodiesla i 7593 mln galonów bioetanolu [8]). Głównymi producentami etanolu są Brazylia i Stany Zjednoczone. Trzecim producentem

o wielkim potencjale są Chiny, które przyjęły plan zakładający osiągnięcie w 2012 r. produkcji etanolu na poziomie 6,3 miliarda litrów oraz objęcie połowy paliwa zużywanego w Chinach 10% dodatkiem bioetanolu [9]. Produkcja biodiesla skoncentrowana jest przede wszystkim na obszarze Unii Europejskiej. Największym producentem są Niemcy, które, wraz z Francją, produkują blisko 80% światowego biodiesla [4]. Parlament Europejski w 2007 r. podjął uchwałę ustanawiającą jako cel do osiągnięcia w 2020 r. 20% udziału energii pochodzącej ze źródeł odnawialnych w bilansie energetycznym Unii, a jako cel minimalny, osiągnięcie przez wszystkie kraje członkowskie 10% udziału biopaliw w sektorze transportowym do 2020 r. [10]. W Polsce, Narodowy Cel Wskaźnikowy na 2010 r. zakładał 5,75% (został osiągnięty), zaś na lata 2011, 2012 i 2013 wynosi odpowiednio 6,20%, 6,65% i 7,10% [11]. Stosowane w wielu krajach, również w Polsce, rozwiązanie polegające na dodawaniu do diesla pochodzenia mineralnego kilkuprocentowego dodatku biodiesla ma także sens użytkowy, bowiem biodiesel charakteryzuje się wyższą smarnością niż mineralny olej napędowy, do którego dla zwiększenia smarności dodawane są związki siarki. Ponieważ jednak limity emisji siarki podlegają ciągłemu zaostrzeniu, można oczekiwać, że uzupełnianie paliwa pochodzenia mineralnego dodatkiem biodiesla stanie się koniecznością [12]. Istniejące i rozwijane technologie produkcji biopaliw zestawiono na Rysunku 3 [5].

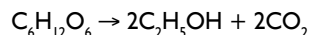


Rys. 3. Metody produkcji biopaliw [5]

Biopaliwa pierwotne i wtórne pierwszej generacji

Podstawowym sposobem klasyfikacji biopaliw jest podział na biopaliwa pierwotne i wtórne. Biopaliwa pierwotne stosowane są w formie nieprzetworzonej, zazwyczaj do ogrzewania, gotowania albo do wytwarzania elektryczności. Biopaliwami pierwotnymi są m.in. drewno opałowe, wióry drzewne, granulowana mączka drzewna czy odpady zwierzęce [5]. Biopaliwa wtórne są produktem przetwarzania biomasy i należą do nich np. wymieniane wcześniej etanol, FAME, DME. Stosowane są głównie jako paliwa motorowe w pojazdach i silnikach stacjonarnych. Obecnie mówi się już o trzech generacjach biopaliw wtórnych. Biopaliwa pierwszej generacji są produkowane z surowców zawierających skrobię lub oleje roślinne. Mogą to być nasiona, ziarna, owoce, łodygi, korzenie lub bulwy. Z punktu widzenia stosowanych procesów, pozyskiwanie biopaliw pierwszej generacji jest stosunkowo proste. W przypadku surowców zawierających skrobię (pszenica, owies, kukurydza, ziemniaki) lub prostsze cukry (buraki cukrowe,

trzcina cukrowa) w procesie fermentacji, wytwarzany jest etanol albo n-butanol. W klasycznym procesie fermentacji pierwszym krokiem jest hydroliza skrobi do glukozy a w kolejnym etapie – w wyniku działania enzymów pochodzących z drożdży – następuje konwersja sześciowęglowej cząsteczki glukozy do dwuwęglowej cząsteczki etanolu.



Ostatnim krokiem jest destylacja i odwodnienie. W przypadku surowców zawierających oleje roślinne (rzepakowy, sojowy, słonecznikowy, palmowy i in.), produktem jest biodiesel otrzymywany w wyniku transestryfikacji. Biopaliwa pierwszej generacji wzbudzają liczne kontrowersje ze względu na wykorzystanie jako surowca produktów roślinnych służących do wytwarzania żywności lub paszy dla zwierząt hodowlanych, jak również z faktem, że do produkcji biopaliw wykorzystuje się tylko niewielkie fragmenty roślin, głównie nasiona lub ziarna, zaś większa część rośliny staje się odpadem. Jest to marnotrawstwem arealu uprawnego i energii włożonej w uprawę roślin. Wykorzystywanie roślin stosowanych w produkcji żywności jako surowca do otrzymywania chemikaliów energetycznych zaowocowało gwałtownym wzrostem cen tych roślin, a co za tym idzie, wzrostem cen żywności. Światowy indeks cen żywności jest najwyższy od 20 lat, w okresie od października 2010 do stycznia 2011 r. ceny te wzrosły o przeciętnie 15% (przyjmuje się, w zależności od przyjętego modelu, że za 20-40% wzrostu tych cen odpowiada popyt związany z produkcją biopaliw). Taka sytuacja nakłania dodatkowo producentów rolnych do rozszerzania obszaru zasiewów roślin, których uprawa przynosi wysokie zyski, a to prowadzi do znaczącego ograniczenia upraw innych roślin o przeznaczeniu spożywczym. Skutkiem ostatniego wzrostu cen żywności było zepchnięcie do strefy biedy ok. 44 milionów ludzi [13].

Biopaliwa drugiej generacji

Konflikt między produkcją żywności a produkcją przemysłową spowodował poszukiwanie innych rozwiązań, wykorzystujących do produkcji biopaliw niejadalne części roślin. Zaowocowało to biopaliwami drugiej generacji. Surowcem do ich produkcji jest biomasa lignocelulozowa pochodząca albo z niejadalnych części roślin, stanowiących odpad rolny, albo z całych roślin niejadalnych, uprawianych z przeznaczeniem do pozyskiwania energii. Produkcja biopaliw drugiej generacji wymaga bardziej wyrafinowanego wyposażenia technologicznego, większych nakładów na jednostkę produkcji i znacząco większej skali. Najważniejsze kierunki przerobu biomasy lignocelulozowej, to:

- procesy fermentacyjne (fermentacja etanolowa, butanolowa, fermentacja anaerobowa prowadząca do tworzenia się metanu lub fermentacja, w której jako produkt otrzymywane są krótkie kwasy karboksylowe)
- zgazowanie biomasy przy użyciu pary wodnej i tlenu (otrzymuje się gaz syntezowy, z którego można uzyskać olej napędowy na drodze syntezy Fischera-Tropscha, metanol, eter dimetylowy)
- termoliza (w zależności od warunków procesu, prowadząca do lekkich gazów lub frakcji olejowych).

Termochemiczna konwersja biomasy wymaga stosowania znacznie ostrzejszych warunków (temperatura, ciśnienie) niż konwersja biochemiczna. Poważnym ograniczeniem metody fermentacyjnej jest to, że – pomijając nienadające się do szerokiej implementacji ze względu na wysoką cenę enzymy – nie stworzono do dziś efektywnej przemysłowej metody hydrolizy celulozy. Z kolei w przypadku termolizy, frakcja ciekła składa się ze zmieszanego z wodą oleju zawierającego liczne związki tlenowe (m.in. alkohole, estry, etery oraz krótkie kwasy karboksylowe) oraz substancje smoliste, co wymaga bardzo skomplikowanego procesu przekształcenia go w formułę materiału pędnego. Najbardziej realistycznym rozwiązaniem, ale także w wieloletniej perspektywie, wydaje się być proces zgazowania biomasy do gazu syntezowego. Dalszy przerób gazu będzie się odbywał przy

wykorzystaniu znanych i sprawdzonych procesów o dużej doskonałości technologicznej, jak synteza metanolu, procesy jego dalszego przerobu czy otrzymywanie syntetycznego oleju napędowego.

Biopaliwa trzeciej generacji

Wykorzystanie do produkcji biopaliw drugiej generacji odpadów z rolnictwa i innych gałęzi gospodarki pozwoli być może na zminimalizowanie konfliktu pomiędzy przerobem żywnościowym, a przemysłowym wykorzystaniem roślin, jednak i tak nie rozwiąże problemu zbyt małego arealu rolnego w stosunku do rosnących potrzeb dzisiejszego świata. Rozwiązaniem tego problemu mają być biopaliwa trzeciej generacji, dla których surowcem mają być glony i wodorosty, z których można pozyskiwać etanol, biodiesel oraz wodór. Niewątpliwymi zaletami glonów są: całoroczna produkcja, pozyskiwanie plonów w sposób ciągły, wysoka wydajność pozyskiwania oleju z alg, nawet 10-krotnie większa w porównaniu z roślinami uprawnymi [14] przy wysokiej zawartości oleju (20-50% suchej masy), możliwość prowadzenia hodowli na terenach uznawanych za nieużytki, szybki wzrost oraz niewielkie wymagania (pożywką mogą być ścieki, a hodowla nie wymaga użycia pestycydów). Zalety te są niewątpliwie, jednak biopaliwa trzeciej generacji pozostają rozwiązaniem dość odległej przyszłości; zapewne nie będą również rozwiązaniem docelowym. Obszar nieużytków, który może być wykorzystany do hodowli glonów w otwartych stawach jest bowiem równie ograniczony jak areal uprawny zaś prowadzenie hodowli alg w otwartych wodach wydaje się wykluczać prawdopodobieństwo ogólnoświatowej katastrofy ekologicznej.

Podsumowanie

Nigam i Singh [5] postulują 4 warunki dla optymalizacji procesu produkcji zrównoważonych biopaliw:

- Musi zostać udoskonalony proces enzymatycznej hydrolizy produktów rolnych. Można to być osiągnąć przez użycie tańszych, albo o wyższej specyficzności, wyjściowych enzymów, poprzez produkcję tych enzymów w tańszym procesie i poprzez nową technologię prowadzenia procesów z dużą ilością ciał stałych.
- Niezbędny jest rozwój szczepów mikrobiologicznych, które, poza pożądanymi cechami jako mikroorganizmy fermentujące, będą się charakteryzowały większą odpornością na inhibitory obecne w hydrolizatach wykorzystywanych jako surowiec. Poszukiwane szczepy powinny ponadto mieć zdolność fermentowania wszystkich cukrów występujących w hydrolizacie, wysoką wydajność i wytrzymywać wysokie stężenie produktu w roztworze.
- Konieczne jest zastosowanie strategii mającej na celu integrację procesów i w konsekwencji zmniejszenie liczby etapów pośrednich.
- Dla wszystkich produktów ubocznych i odpadów generowanych podczas procesu wytwórczego należy zastosować strategię 3-R (*Recycling, Reduction and Reuse*), aby zmniejszyć koszty energetyczne i chronić środowisko.

Wykorzystanie biomasy do produkcji biopaliw ma niewątpliwie duży potencjał i będzie rozwijane w przyszłości. Nie sposób przecenić zalet takiego rozwiązania – biomasa jest odnawialna, a do jej produkcji wykorzystywana jest energia słoneczna w sposób tak efektywny, jakiego ludzkość nie jest w stanie osiągnąć. Ponadto biomasa jest prawie wszędzie dostępna i, w przeciwieństwie do surowców mineralnych, nie stwarza podziału świata na bardziej i mniej uprzywilejowany. Produkcje biomasy i biopaliwa nie są toksyczne, są przyjazne środowisku, nie generują dwutlenku węgla. Niemniej, raczej pewne jest, że biopaliwa nigdy nie zaspokoją w całości energetycznych potrzeb ludzkości. Świadczy o tym chociażby raport, powstały w kwietniu 2005 r. [15] mający na celu określenie czy Stanom Zjednoczonym uda się zrealizowanie założonego celu: wykorzystania energii pochodzącej z biomasy do zaspokojenia w 2030 r. 30% zapotrzebowania energetycznego kraju – aby tego dokonać Stany Zjednoczone musiałyby produkować około miliarda ton suchej biomasy. W raporcie oszacowano, że przy

spełnieniu różnych warunków możliwe jest osiągnięcie przez USA produkcji biomasy na poziomie około 1,3 miliarda ton suchej biomasy rocznie. Oznacza to, kraj ten może do 2030 roku zrealizować założone cele i 1/3 energii pozyskiwać z biomasy. W dalszej konsekwencji jednak oznacza to także, że trudno będzie wyjść poza ten cel, i na osiągniętych ewentualnie ok. 30%, kończą się możliwości zaspokojenia potrzeb energetycznych. Być może z czasem rozwinięte zostaną nowe metody zwiększania wydajności plonów lub wyhodowane nowe, bardziej energetyczne odmiany roślin, ale z drugiej jednak strony, zwiększy się również zapotrzebowanie na energię. Przy obecnym, i w tej chwili prognozowanym, stanie wiedzy należy więc uznać, że nawet w kraju tak wysoko rozwiniętym jak Stany Zjednoczone, biomasa może zapewnić tylko ok. 1/3 pokrycia zapotrzebowania na energię.

Literatura

1. Carere C.R., Sparling R., Cicek N., Levin D.B.: *Third Generation Biofuels via Direct Cellulose Fermentation*. International Journal of Molecular Sciences 2008, **9**, 1342-1360.
2. Escobar J.C., Lora E.S., Venturini O.J., Yanez E.E., Castillo E.F., Almazan O.: *Biofuels: environment, technology and food security*. Renewable and Sustainable Energy Reviews 2009, **13**, 1275-1287.
3. British Petroleum Company. BP Statistical Review of World Energy 2008. London: BP pl; 2008.
4. Rosegrant M.W., Zhu T., Msangi S., Sulser T.: *Global Scenarios for Biofuels: Impacts and Implications*. Review of Agricultural Economics 2008, **30**, 3, 495-505.
5. Nigam P.S., Singh A.: *Review. Production of liquid biofuels from renewable resources*. Progress in Energy and Combustion Science 2011, **37**, 52-68.
6. Demirbas A.: *Comparison of transesterification methods for production of biodiesel from vegetable oils and fats*. Energy Conversion and Management 2008, **49**, 125-130.
7. Kijęński J., Różycki K., Lipkowski A.W., Walisiewicz-Niedbalska W.: *Nowe biopaliwo estrowe Gliperol®*. Przemysł Chemiczny 2007, **86**, 4, 269-272.
8. Murray D.: *Ethanol's potential: looking beyond corn*. Washington DC, USA: Earth Policy Institute, <http://www.earthpolicy.org/Updates/2005/Update49.htm>; 2005.
9. Naylor R.L., Liska A.J., Burke M.B., Falcon W.P., Gaskell J.C., Rozelle S.D., Cassman K.G.: *The Ripple Effect. Biofuels, food security and the environment*. Environment 2007, **49**, 9, 31-43
10. EU. Directive 2009/28/EC of The European Parliament and of The Council of 23 April 2009 on the promotion of the use of energy from renewable sources and amending and subsequently repealing Directives 2001/77/EC and 2003/30/EC. Off J European Union; 2009; 16-62.
11. Rozporządzenie Rady Ministrów z dnia 15 czerwca 2007r, w sprawie Narodowych Celów Wskaźnikowych na lata 2008-2013, Dz.U. z dnia 25 czerwca 2007 r.
12. USDA (United States Department of Agriculture), EU: Biodiesel industry expanding use of oilseeds, 2003. http://www.biodiesel.org/resources/reportsdatabase/reports/gen/20030920_gen330.pdf
13. Jasiński G.: *Globalna wpadka w biopaliwa*. portal informacyjny RMF24, 13 kwietnia 2011.
14. Brennan L., Owende P.: *Biofuels from microalgae – A review of technologies for production, processing, and extractions of biofuels and co-products*. Renewable and Sustainable Energy Reviews 2010, **14**, 557-577.
15. Raport USDA i USDOE (United States Department of Agriculture, United States Department of Energy), Biomass as Feedstock for Bioenergy and Bioproduct Industry: The Technical Feasibility of a Billion-Ton Annual Supply, Oak Ridge National Laboratory, April 2005 http://www1.eere.energy.gov/biomass/pdfs/final_billionton_vision_report2.pdf.

Dr Marta KIJĘŃSKA – w 2004 r. ukończyła studia na Wydziale Chemii Uniwersytetu Warszawskiego, w 2005 r. Biotechnologię na Wydziale Biologii UW. W 2010 r. na Wydziale Chemicznym Politechniki Warszawskiej obroniła doktorat z Technologii Chemicznej. Od 2005 r. pracuje w Instytucie Chemii Przemysłowej im. prof. Ignacego Mościckiego. Jej zainteresowania naukowe skupiają się na chemicznym wykorzystaniu surowców roślinnych. Zajmuje się także strategią wykorzystania surowców odnawialnych w energetyce i przemyśle.

Prof. dr hab. inż. Jacek KIJEŃSKI – wybitny specjalista w dziedzinie chemii i technologii chemicznej, oraz w zakresie kierunków i strategii rozwoju przemysłu chemicznego, katalizy, przemysłowej syntezy organicznej i recyklingu odpadów z tworzyw sztucznych. Profesor zwyczajny Politechniki Warszawskiej, członek Senatu PW w latach 1996-2006. Od 2008 r. Dziekan Wydziału Budownictwa, Mechaniki i Petrochemii oraz Prorektor Politechniki Warszawskiej ds. Szkoły Nauk Technicznych i Społecznych w Płocku. W latach 1987-1990 Dziekan Wydziału Chemicznego Politechniki Warszawskiej. W latach 2002-2007 dyrektor Instytutu Chemii Przemysłowej im. prof. Ignacego Mościckiego w Warszawie.

Od 2002 r., już trzecią kadencję, pełni funkcję Prezesa ZG Stowarzyszenia Inżynierów i Techników Przemysłu Chemicznego. Wiceprzewodniczący Komitetu Chemii Polskiej Akademii Nauk. Profesor Jacek Kijeński jako doświadczony menedżer oraz ekspert w zakresie kierunków rozwoju technologii chemicznej został powołany przez Ministra Gospodarki, Pracy i Polityki Społecznej do pracy w Zespole Międzyresortowym ds. Przekształceń Właściwościowych Jednostek Badawczo-Rozwojowych oraz w Zespole Trójstronnym ds. Branży Chemicznej. Prezes Zarządu Konsorcjum Centrum Zaawansowanych Technologii Chemia na Rzecz Gospodarki CHEMCAT, w latach 2003-2008 Koordynator Polskiej Platformy Technologicznej Wodoru i Ogniw Paliwowych, założyciel i członek Komitetu Sterującego Polskiej Platformy Technologicznej Biopaliw i Biokomponentów. Członek Stałego Komitetu Kongresów Technologii Chemicznej, Stowarzyszenia Wynalzców i Racjonalizatorów, Polskiego Stowarzyszenia Przetwórców Tworzyw Sztucznych, oraz rad programowych czasopism „Przemysł Chemiczny” (Przewodniczący Rady), „Chemik”, „Polimery”, „Wiadomości Chemiczne” (do 2007 r.), „Rynek Chemiczny” i „Ochrona przed Korozją”. Był przedstawicielem Ministra Gospodarki w Europejskiej Komisji Gospodarczej ONZ, członkiem prezydium Światowej Organizacji Jednostek Naukowo-Badawczych (WAITRO), jest członkiem stowarzyszonym Komitetu Chemia-Przemysł w Międzynarodowej Unii Chemii Czystej i Stosowanej (IUPAC), członkiem niemieckiego Towarzystwa Technologii Chemicznej i Biotechnologii DECHEMA, American Chemical Society, Network for Industrial Catalysis In Europe (NICE) oraz European Federation of Chemical Engineering (EFCE).

Odnznaczony Złotym Krzyżem Zasługi, Krzyżem Kawalerskim Orderu Odrodzenia Polski, Krzyżem Oficerskim Odrodzenia Polski, Medalem Komisji Edukacji Narodowej oraz Krzyżem Oficerskim Królestwa Belgii za zasługi w dziedzinie wynalazczości, posiada tytuł Outstanding Inventor oraz Złoty Medal WIPO (Światowa Organizacja Własności Intelektualnej), Złotą Odznaką Honorową NOT, Złotą Odznaką Politechniki Wrocławskiej, Honorową Odznaką SITPChem, Medal im. Prof. W. Świątosławskiego. Jest członkiem Honorowym SITPChem. Był pięciokrotnie laureatem nagród Ministra Nauki i Szkolnictwa Wyższego i Ministra Edukacji Narodowej. Jego wynalazki były wielokrotnie wyróżniane na światowych i międzynarodowych wystawach wynalazków, jeden z nich biopaliwo Gliperol® został wyróżniony złotymi medalami na wystawach w Genewie, Brukseli, Seulu, Norymberdze, Moskwie, Warszawie, Gdańsku i Częstochowie, w większości z wyróżnieniem. Profesor Jacek Kijeński jest autorem lub współautorem ponad 170 publikacji, ponad 200 wystąpień konferencyjnych, 8 monografii i 35 patentów.

Jednocześnie z uznanym dorobkiem inżyniera i naukowca, Profesor Jacek Kijeński jest wybitnym humanistą, erudytą, znawcą literatury, sztuki, historii cywilizacji.

BIBLIOTEKA UNIWERSYTECKA

W WARSZAWIE

ZAPRASZA NA WYSTAWĘ

CHEMICY - ABSOLWENCI UNIWERSYTETU WARSZAWSKIEGO

WYSTAWA CZYNNA:

18 PAŹDZIERNIKA - 27 LISTOPADA 2011

PONIEDZIAŁEK-SOBOTA W GODZ. 9-21

NIEDZIELA W GODZ. 15-20

WSTĘP WOLNY

BIBLIOTEKA UNIWERSYTECKA

W WARSZAWIE

UL. DOBRA 56/66

ORGANIZATOR:
Biblioteka Uniwersytecka w Warszawie



PROFUSJIE WSPÓŁFINANSUJĄCE:
OLCO, Agencja Reklamowo-Wydawnicza
Klub Absolwentów UW
Fundacja Uniwersytetu Warszawskiego
Wydział Chemii Uniwersytetu Warszawskiego



INSTYTUCJE WYZYCAJĄCE EKSPONATY:
Muzeum Marii Skłodowskiej-Curie
Archiwum Uniwersytetu Warszawskiego
Muzeum Uniwersytetu Warszawskiego



PATRONI HONOROWI:
Muzeum Marii Skłodowskiej
Polskie Towarzystwo Chemiczne – Oddział Warszawski
Stowarzyszenie Inżynierów i Techników Przemysłu Chemicznego (SITPChem)



PATRONI MEDALNI:
„Analityka”
„Chemia w szkole”
„Chemik – nauka technika rynek”
„Przemysł Chemiczny”



„Uniwersytet Warszawski”
Akademickie Radio „Kampus”
Telewizja Akademicka UWSD TV

