

Jan Lubowicz

*Instytut Nafty i Gazu, Kraków*

## Węglowodory z odpadowych tworzyw sztucznych i biomasy

W niniejszym artykule przedstawiono wybrane sposoby uzyskiwania produktów węglowodorowych (biokomponentów i biopaliw) z odpadowych, poliolefinowych tworzyw sztucznych oraz surowców pochodzenia biologicznego: biomasy, olejów roślinnych i tłuszczów zwierzęcych. Cykl procesów obejmujący termiczno-katalityczną depolimeryzację, hydrotreating oraz frakcjonowanie, pozwala na uzyskanie z odpadowych tworzyw sztucznych typu polietylen i polipropylen szeregu produktów oraz półproduktów węglowodorowych, mających zastosowanie w przemyśle paliwowym i chemicznym, w tym biopaliw II generacji. Analogiczne produkty węglowodorowe można również uzyskać z biomasy stosując proces zgazowania, a następnie procesy syntezy Fischer-Tropscha (Choren) lub MtSynfuels (Lurgi). Biokomponenty lub biopaliwa II generacji można również uzyskać w procesie hydrokonwersji biooleju uzyskiwanego w procesie hydropirolizy lignocelulozy (HTU) oraz hydrokonwersji olejów roślinnych i tłuszczów zwierzęcych (NExBTL, Ecofining).

### Hydrocarbons from waste plastics and biomass

In this article there were presented the selected ways of producing hydrocarbons products (biocomponents, biofuels and others) from waste polyolefin's plastics and biological raw materials like biomass, vegetables oils and animal fats. Thermo-catalytical depolymerization, hydrotreating and fractionation it helps to extract from waste plastics the series of hydrocarbons products and components finding application in refinery and chemical industry, including second generation biofuels. Hydrocarbons products can be produced from biomass using the gasification and Fischer-Tropsch (Choren) or MtSynfuels (Lurgi) synthesis process. Second generation biocomponents and biofuels can be also produced in the hydroconversion (hydrodeoxygenation) process of vegetables oils and animal fats (NExBTL, Ecofining) and hydroconversion process of bio-oil, extracting in the hydropirolysis of lignocelluloses (HTU).

### Wprowadzenie

Jeszcze do niedawna jedynym źródłem węglodorów i otrzymywanych z nich różnego rodzaju produktów była przeróbka ropy naftowej i węgla, których to surowców zasoby mają charakter ograniczony. Zainteresowanie alternatywnymi źródłami węglodorów nie wynika wyłącznie z kurczących się zasobów paliw kopalnych. Motorem napędowym tych poszukiwań są przede wszystkim względy ekologiczne, związane z koniecznością obniżenia emisji gazów cieplarnianych (protokół z Kioto) oraz redukcją odpadów przemysłowych i komunalnych. Istotne są także uwarunkowania ekonomiczno-gospodarcze (wzrost cen ropy naftowej i gazu ziemnego) oraz kwestie natury politycznej – związane z uzależnieniem od dostaw surowców z regionów lub krajów uznawanych za „nieprzewidywal-

ne”. Poszukiwania te idą przede wszystkim w kierunku źródeł o charakterze bioodnawialnym, umożliwiających jednocześnie redukcję gazów cieplarnianych oraz – w pewnym stopniu – uniezależnienie się od importu surowców. Jako surowce bioodnawialne brane są pod uwagę: biomasa (głównie o charakterze odpadowym), oleje roślinne i tłuszcze zwierzęce. Drugim kierunkiem jest odzyskiwanie węglodorów z odpadowych tworzyw sztucznych, poprzez ich segregację i dalszą przeróbkę. Szczególnie dotyczy to odpadów o charakterze poliolefinowym. Uzyskiwany w tym przypadku efekt ma głównie charakter ekologiczny, jednak szybki rozwój tego kierunku wskazuje, że w przyszłości stanowić on może częściową alternatywę dla węglodorów wytwarzanych z paliw kopalnych.

### Węglowodory z przeróbki odpadowych poliolefinowych tworzyw sztucznych

Wśród odpadów komunalnych tworzywa sztuczne stanowią od ok. 8 do 15% ogólnej masy odpadów. W zależności od źródeł ocenia się, że w Polsce powstaje rocznie ok. 1-1,5 mln ton odpadów tworzyw sztucznych. Obecnie

na świecie produkuje się i stosuje ok. 5000 różnego rodzaju polimerów, w tym przede wszystkim są poliolefiny (polietylen i polipropylen) oraz polistyren i polichlorek winylu, a także – w coraz większym stopniu – politere-

ftalan etylenu i poliuretany. Stanowią one 80% światowej produkcji polimerów, która wynosi obecnie 170 mln ton. Na przestrzeni ostatnich lat zarysował się wyraźny trend wzrostu recyklingu materiałowego i surowcowego w zakresie tworzyw sztucznych, który stymulowany jest przez adekwatne dla danego kraju prawodawstwo (np. unijne).

Wieloletnie doświadczenia badaczy w recyklingu odpadów materiałów polimerowych pokazały, iż system ten posiada wiele ograniczeń. Materiały polimerowe charakteryzują się olbrzymią różnorodnością pod względem struktury chemicznej i składu oraz form użytkowych. Obecnie stosowane metody zagospodarowania odpadów polimerowych można podzielić na cztery grupy:

- ponowne przetworzenie (recykling materiałowy),
- spalanie z odzyskiem energii,
- recykling surowcowy,
- kompostowanie lub biodegradacja.

Źródłem węglowodorów jest recykling surowcowy; głównie tworzyw typu polietylen i polipropylen (poliolefinowych). Recykling surowcowy odpadów poliolefinowych polega na rozkładzie struktur polimerowych (depolimeryzacji) na substancje o mniejszej masie cząsteczkowej, w celu uzyskania surowców służących do wytworzenia nowych wysokojakościowych produktów. Procesowi temu poddaje się odpadowy surowiec polimerowy o niskiej jakości, który uniemożliwia zastosowanie recyklingu materiałowego.

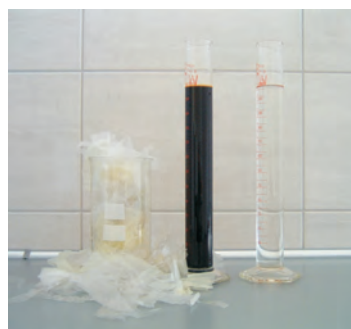
Depolimeryzacja poliolefinowych tworzyw polega na konwersji łańcucha polimerowego typu polietylen i polipropylen  $[-CH_2-CH_2-]_n$  i  $[-CH_2-CH(CH_3)-]_n$  do mieszaniny łańcuchowych węglowodorów nasyconych i nienasyconych o długości łańcucha od  $C_1$  do  $C_{34}$ . Proces prowadzony jest w obecności katalizatora i w temperaturze powyżej  $250^\circ C$ . W chwili obecnej technologia depolimeryzacji z powodzeniem realizowana jest na skalę przemysłową, również na terenie Polski.

Produkt z termicznego rozkładu poliolefinowych, odpadowych tworzyw sztucznych jest mieszaniną węglowodorów; głównie parafinowych i olefinowych oraz różnego typu zanieczyszczeń, uzależnionych od efektywności procesu selekcji i oczyszczania surowca odpadowego. Proces selekcji odpadów z tworzyw sztucznych nie jest prowadzony ze 100% skutecznością, dlatego też w każdej partii produktu otrzymywanego z procesu depolimeryzacji tego rodzaju odpadowych tworzyw sztucznych może znajdować się chlor – na poziomie uniemożliwiającym bezpośrednie zastosowanie tego produktu do wytwarzania różnego rodzaju wysokojakościowych komponentów i specyfików, w tym zwłaszcza paliw silnikowych. Obecne w produkcji depolimeryzacji tworzyw sztucznych węglowodory olefi-

nowe, a także związki azotowe, wpływają negatywnie na jego stabilność, barwę i zapach. Zachodzące w produkcji reakcje polimeryzacji, kondensacji i utleniania skutkują powstawaniem osadów, zmianą barwy i wzrostem lepkości. Problemy te ograniczają możliwość bezpośredniego wykorzystania tego produktu, czego efektem jest niewielki stopień recyklingu odpadów tego typu. W chwili obecnej produkt uzyskany drogą depolimeryzacji odpadowych poliolefin może być bezpośrednio wykorzystywany wyłącznie jako paliwo opałowe do specjalnych urządzeń grzewczych lub jako stosunkowo niskiej jakości komponent do wytwarzania takiego paliwa. Wykorzystanie tego produktu wyłącznie w celach grzewczych nie przynosi efektu recyklingu materiałowego i surowcowego

Produkt uzyskany z termicznej depolimeryzacji odpadowych tworzyw sztucznych może być jednak cennym surowcem węglowodorowym, który po poddaniu obróbce może stanowić źródło wysokojakościowych komponentów i specyfików wytwarzanych na bazie węglowodorów parafinowych, analogicznych do produktów uzyskiwanych z ropy naftowej. Stanowi on wtórne źródło surowca węglowodorowego, o korzystnie wysokiej zawartości węglowodorów parafinowych, zwykle niezawierające węglowodorów aromatycznych oraz siarki.

Podjęmowane na skalę przemysłową na terenie kraju próby podnoszenia jakości depolimeryzatu (np. poprzez zastosowanie ziem odbarwiających) nie przyniosły oczekiwanych efektów, a jego inne zastosowanie, niż jako surowiec opałowy, jest praktycznie niemożliwe. Przeprowadzone w ramach prac własnych Instytutu Nafty i Gazu badania wskazują, że w wyniku procesu katalitycznej hydrowy rafinacji możliwe jest uzyskanie z depolimeryzatu odpadowych poliolefin cennych, wysokojakościowych komponentów węglowodorowych. Proces hydrowy rafinacji usuwa z depolimeryzatu szkodliwe zanieczyszczenia (chlor, azot), uwodornia węglowodory nienasycone, poprawia barwę oraz likwiduje nieprzyjemny zapach.



**Rys. 1.** Surowce i produkty z procesu depolimeryzacji: (od lewej) odpadowe poliolefinowe tworzywa sztuczne, cieki depolimeryzatu oraz szerokofrakcyjny hydrowy rafinat

Według badań przeprowadzonych w Instytucie, kompleksowy sposób przeróbki poliolefinowych odpadowych tworzyw sztucznych może przebiegać w następujący sposób:

- segregacja odpadowych tworzyw sztucznych, w celu uzyskania surowca poliolefinowego,
- depolimeryzacja termiczna poliolefin,
- hydorafinacja szerokofrakcyjnego depolimeryzatu (usuniecie chloru, azotu, uwodornienie wiązań nienasyconych),
- rozfrakcjonowanie hydorafinatu na poszczególne produkty węglowodorowe.

Rozfrakcjonowanie uzyskanego hydorafinatu prowadzi się w sposób umożliwiający uzyskanie jak najbardziej optymalnych pod względem użytkowym i ekonomicznym produktów finalnych, takich jak:

- rozpuszczalniki benzynowe (bezaromatyczne, parafinowe),
- nafty oczyszczone,
- wysokocetanowy komponent oleju napędowego,
- parafiny ciekłe i stałe, o zastosowaniu jako produkt końcowy lub półprodukt dla przemysłu chemicznego,
- woski parafinowe o różnych parametrach jakościowych, do wyrobu całej gamy specyfików.

Wdrożenie na skalę przemysłową technologii przetwarzania depolimeryzatu odpadowych poliolefinowych tworzyw sztucznych spowodowałoby wzrost konkurencyjności polskiej gospodarki, zarówno w aspekcie gospodarki odpadowymi tworzywami sztucznymi, jak i w zakresie wytwarzania wysokojakościowych produktów i specyfików węglowodorowych, które dotychczas były produkowane w oparciu o przeróbkę ropy naftowej.

## Węglowodory uzyskiwane z biomasy oraz olejów naturalnych

Biomasa jest to ulegająca biodegradacji część produktów, odpadów oraz pozostałości z rolnictwa (łącznie z substancjami pochodzenia roślinnego i zwierzęcego), leśnictwa oraz związanych nimi działów przemysłu, a także ulegająca biodegradacji część odpadów przemysłowych i miejskich. Oleje pochodzenia biologicznego są to różnego rodzaju oleje roślinne oraz tłuszcze zwierzęce i rybne. Substancje te zyskują coraz więcej na znaczeniu w gospodarce światowej jako surowiec do wytwarzania produktów węglowodorowych, w tym przede wszystkim biopaliw i biokomponentów paliwowych.

Biopaliwa otrzymywane z surowców „niespożywczych”, czyli biomasy odpadowej i lignocelulozowej oraz biopaliwa o charakterze węglodorów otrzymywane z biomasy – obejmującej również niejadalne lub nadmiarowe czy niepełnowartościowe surowce (oleje) „spożywcze” – nazywane są biopaliwami II generacji. Do biopaliw II generacji należą produkty o różnym charakterze chemicznym (np. bioetanol, DME), jednak najważniejszą w nich grupę stanowią obecnie produkty węglowodorowe. Uzyskiwane z surowców biologicznych węglowodorowe biokomponenty i biopaliwa II generacji są w pełni kompatybilne z analogicznymi produktami uzyskiwanymi z przeróbki ropy naftowej. Biopaliwa II generacji pozbawione są wad biopaliw I generacji (np. FAME), przez co znacznie bardziej są akceptowalne przez przemysł motoryzacyjny.

Podsumowując, do biokomponentów czy biopaliw II generacji można zaliczyć następujące produkty:

- bioetanol z surowców lignocelulozowych,
- paliwa syntetyczne uzyskiwane z gazu syntezowego

(CO + H<sub>2</sub>) wytworzonego w wyniku zgazowania biomasy, w tym:

- ciekłe paliwa węglowodorowe z procesów BTL (*Biomass to Liquids*) – procesy Fischera-Tropscha (F-T) i Metanol to Synfuel (*MtSynfuels*),
- DME (dimetyloeter, H<sub>3</sub>C-O-CH<sub>3</sub>),
- metanol,
- SNG (*Syntetic Natural Gas*),
- wodór,
- paliwa węglowodorowe otrzymywane w procesie hydrokonwersji:

- biooleju uzyskiwanego w procesie hydropirolizy lignocelulozy (HTU),
- olejów roślinnych i tłuszczów zwierzęcych (HDO).

Produkty czysto węglowodorowe uzyskiwane są z procesów zgazowania biomasy (BTL), hydrokonwersji olejów roślinnych i tłuszczów zwierzęcych (HDO) oraz hydropirolizy lignocelulozy HTU.

### Biopaliwa węglowodorowe uzyskiwane z procesów zgazowania biomasy

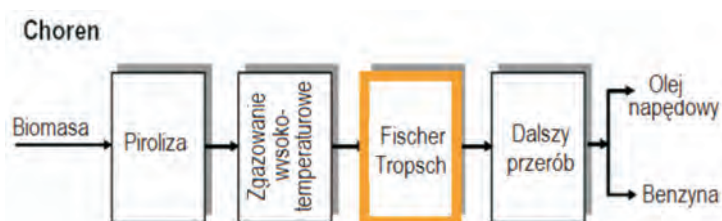
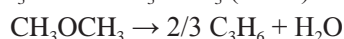
W przypadku biopaliw uzyskiwanych z gazu syntezowego proces zgazowania biomasy może być realizowany w sposób jedno- lub dwustopniowy. W procesie jednostopniowym gaz syntezowy uzyskiwany jest z biomasy w sposób bezpośredni. Proces realizowany jest pod ciśnieniem atmosferycznym, w warunkach wysoko- (1200÷1400°C) lub nisko- (800÷1000°C) temperaturowych. W procesie dwustopniowym, w I etapie (prowadzonym w temperaturze ok.

500°C i bez dostępu powietrza) w wyniku pirolizy biomasy uzyskiwany jest tzw. biogaz i bioolej, które następnie w II etapie poddawane są procesowi zgazowania. Z uzyskanych produktów poreakcyjnych wydzielany i oczyszczany jest gaz syntezowy, będący mieszaniną  $H_2$  i CO.

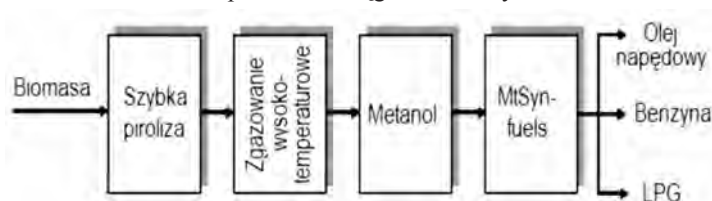
Przemysłowe technologie wytwarzania węglowodorowych biokomponentów paliwowych w wyniku dwustopniowego zgazowania biomasy zostały opracowane m.in. przez firmy Choren i Lurgi.

W technologii firmy Choren biomasa w I fazie poddawana jest pirolizie, a następnie uzyskany produkt ciekły poddawany jest następnie procesowi wysokotemperaturowego zgazowania. Z powstałego w procesie zgazowania gazu syntezowego, za pomocą syntezy Fischera-Tropscha, uzyskiwana jest mieszanina węglowodorów. Mieszanina ta może być poddawana dalszym procesom: hydorafinacji, krakingowi katalitycznemu, hydroizomeryzacji, czy frakcjonowaniu, mającym na celu nadanie produktom odpowiednich parametrów jakościowych. Schemat technologii firmy Choren przedstawiono na rysunku 2.

Nieco inaczej zostało zrealizowane rozwiązanie firmy Lurgi (rysunek 3). Do momentu uzyskania gazu syntezowanego proces przebiega praktycznie analogicznie jak w przypadku firmy Choren. W tym miejscu zamiast zastosowania syntezy Fischera-Tropscha, firma Lurgi z gazu syntezowego uzyskuje metanol, z którego dopiero w wyniku procesu MtSynfuels uzyskuje się mieszaninę węglowodorów. Reakcje procesu MtSynfuels przebiegają w sposób następujący:



Rys. 2. Technologia firmy Choren przetwarzania biomasy do produktów węglowodorowych



Rys. 3. Technologia firmy Lurgi (MtSynfuels) przetwarzania biomasy do produktów węglowodorowych

W wyniku tego procesu, w zależności od stopnia oligomeryzacji olefin można uzyskać całą gamę produktów węglowodorowych, np.: LPG, komponent benzynowy, komponent oleju napędowego oraz produkty niepalliwe, w tym m.in. oleje bazowe.

### Biopaliwa węglowodorowe uzyskiwane w procesie hydropirolizy lignocelulozy

Proces hydropirolizy biomasy – HTU (*Hydro Thermal Upgrading*) rozwijany jest przez kilka firm, głównie holenderskich, w tym Biofuel B.V. oraz Shell i Total [6]. W procesie tym, w wyniku hydropirolizy lignocelulozy uzyskiwany jest biogaz oraz bioolej (tzw. „biocrude”, zawierający ok. 18% tlenu). Produkty te następnie poddawane są procesowi hydrokonwersji do węglowodorów. Proces prowadzony jest w następujących etapach:

- wstępne oczyszczanie surowca (biomasy),
- hydropiroliza biomasy (ciśnienie 10-20 MPa, 300-360°C),
- katalityczne hydroodtlenianie biooleju uzyskanego w wyniku hydropirolizy,
- rozfrakcjonowanie mieszaniny węglowodorów typu  $C_nH_{2n+2}$  na poszczególne produkty.

Jako produkty w tym procesie uzyskuje się: węglowodory  $C_1$ - $C_4$ , frakcję benzynową, frakcję oleju napędowego oraz oleje bazowe. Proces ten – ze względu na swoją specyfikę – mógłby być rozwijany na terenie Polski.

### Biopaliwa uzyskiwane w procesie hydrokonwersji olejów roślinnych i tłuszczów zwierzęcych

W badaniach nad hydrokonwersją olejów roślinnych i tłuszczów zwierzęcych do węglowodorowych komponentów paliwowych przodują dwa koncerny przemysłowe: Neste i UOP. W lipcu 2007 roku w Parvoo (Finlandia) została uruchomiona pierwsza w Europie i na świecie instalacja przemysłowa do produkcji wysokocetanowych komponentów oleju napędowego z olejów i tłuszczów naturalnych, o zdolności produkcyjnej 170 tys. ton na rok, bazująca na procesie pod nazwą NExBTL, który został opracowany przez koncern Neste Oil [1, 3].

Biokomponent uzyskiwany w procesie hydrokonwersji jest węglowodorową frakcją parafinową, otrzymywaną w wyniku katalitycznego procesu hydroodtlenienia i uwodornienia (hydrokonwersji) kwasów tłuszczowych, obecnych w naturalnych olejach roślinnych i tłuszczach zwierzęcych. Jest to

biokomponent II generacji, nie zawierający praktycznie siarki i węglowodorów aromatycznych, charakteryzujący się bardzo wysoką liczbą cetanową (powyżej 70).

Proces katalitycznej hydrokonwersji olejów roślinnych i tłuszczów zwierzęcych do węglowodorów n-parafinowych bazuje na dwóch równorzędnych reakcjach usuwania tlenu: hydroodtlenianiu z wydzieleniem wody oraz dekarboksylacji z wydzieleniem CO<sub>2</sub> (możliwe jest także powstawanie CO). Równocześnie z tymi reakcjami zachodzi uwodornianie wiązań podwójnych występujących w łańcuchach węglowodorowych kwasów tłuszczowych, obecnych w triglicerydach (triacyloglicerolach). Konwersję olejów i tłuszczów naturalnych prowadzi się za pomocą typowych katalizatorów NiMo lub CoMo na Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> [1-4]. W wyniku hydrokonwersji i uwodorniania otrzymuje się cząsteczki n-parafin, a produktami ubocznymi są propan, woda oraz CO<sub>2</sub>. Produkt ten, w odróżnieniu od estrów metyloowych kwasów tłuszczowych (FAME), jest praktycznie identyczny – pod względem składu chemicznego, węglowodorowego i właściwości fizykochemicznych – z analogicznymi produktami pochodzącymi z przeróbki ropy naftowej, co zapewnia im wzajemną kompatybilność. Węglowodory n-parafinowe charakteryzują się wysoką temperaturą mętnienia i płynięcia, dlatego też w celu uzyskania odpowiednich dla komponentów oleju napędowego parametrów niskotemperaturowych, w II etapie n-parafiny poddawane są procesowi izomeryzacji. Obecność biokomponentu z tego procesu w oleju napędowym

powoduje korzystne obniżenie zawartości siarki, obniżenie zawartości związków aromatycznych oraz podwyższenie liczby cetanowej [5].

W budowie znajduje się kolejna instalacja NExBTL, a jej uruchomienie planowane jest w rafinerii w Porvoo na rok obecny. Zaawansowane są również prace nad wybudowaniem instalacji NExBTL w Singapurze, o wydajności 800 tys. t/rok, która ma zostać uruchomiona w roku 2010. Instalację o podobnej wydajności planuje się również wybudować w Rotterdamie (2011 r.). Podobną technologią, o nazwie Ecofining, dysponuje również firma UOP. Obecnie w trakcie budowy znajduje się instalacja Ecofining dla koncernu Eni w Livorno (Włochy). Wydajność tej instalacji wyniesie 300 tys. t/rok, a jej uruchomienie planowane jest na rok 2009. Instalacja o podobnej wydajności planowana jest również w rafinerii w Sines w Portugalii, należącej do koncernu naftowego Galp Energia.

W tabelicy 1 przedstawiono wybrane właściwości fizykochemiczne paliw do silników o zapłonie samoczynnym (lub ich komponentów), uzyskiwanych z przeróbki ropy naftowej i olejów roślinnych oraz konwersji biomasy i odpadowych tworzyw sztucznych. W porównaniu z mineralnym olejem napędowym, biopaliwa II generacji (ON HDO i ON F-T) oraz produkt depolimeryzacji odpadowych tworzyw sztucznych (ON DEP) charakteryzują się znacznie wyższą liczbą cetanową. W odniesieniu do biopaliwa I generacji (FAME), nowe paliwa charakteryzują się również znacznie wyższą stabilnością i wartością opałową.

**Tabela 1.** Właściwości komponentów oleju napędowego uzyskiwanych z surowców kopalnych i bioodnawialnych

Właściwość	ON (mineralny)	Biodiesel (FAME)	ON HDO	ON F-T	ON DEP
Zawartość tlenu [%]	0	11	0	0	0
Zawartość aromatów [% (m/m)]	15÷30	0	0	0	0÷10
Gęstość w temp. 15°C [kg/m <sup>3</sup> ]	830÷840	880	770÷780	770÷790	770-800
Zawartość siarki [mg/kg]	< 10	< 5	< 5	< 5	< 5
Wartość opałowa [MJ/kg]	43	38	44	44	43÷44
Temperatura mętnienia [°C]	-15÷0	-5÷15	-20÷0	-15÷0	-10÷0
Zakres wrzenia [°C]	180÷360	340÷355	180÷320	170÷330	170÷320
Liczba cetanowa	50÷55	50÷53	70÷90	75-90	70÷80
Stabilność	Dobra	Pogorszona	dobra	Dobra	Dobra

### Podsumowanie

Odnawialne surowce pochodzenia roślinnego i zwierzęcego oraz surowce odpadowe stają się istotnym źródłem węglowodorów, mających zastosowanie w przemyśle paliwowym i chemicznym. Nowoczesne

i zaawansowane procesy technologiczne pozwalają na uzyskanie z odpadowej biomasy olejów i tłuszczów naturalnych oraz odpadowych poliolefinowych tworzyw sztucznych, bezsiarkowych produktów i półproduktów

węglowodorowych. Produkty te, w tym szczególnie biokomponenty paliwowe, charakteryzują się wysokimi parametrami jakościowymi i eksploatacyjnymi. Ze względu na swój węglowodorowy charakter są one kompatybilne z analogicznymi produktami uzyskiwanymi z przeróbki

ropy naftowej. O szybkim rozwoju tego kierunku pozyskiwania węglowodorów najlepiej świadczą liczne inwestycje podejmowane w przemyśle rafineryjnym i chemicznym, a także wzrost liczby projektów badawczych realizowanych w tym zakresie.

Recenzent: doc. dr Michał Krasodomski

## Literatura

- [1] Jakkula J., Niemi V., Nikkonen J., Purola V., Mylloja J., Aalto J., Lehtonen J., Alopaeus V.: *Process for producing a hydrocarbon component of biological origin*. Patent US20044230085.
- [2] Jęczmionek Ł., Lubowicz J.: *Investigation of rapeseed oil and middle distillate blends in HDO process – ITN experiences*. Perspectives of II Generation Engine Biofuels in Poland. 1<sup>st</sup> International Conference – POLBIOF 2007, 24-25 October, 2007, Cracow.
- [3] Kubickova I., Snare M., Eranen K., Maki-Arvela P., Murzin D.Y.: *Hydrocarbons for diesel fuel via decarboxylation of vegetable oils*. *Catalysis Today*, 106, 197-200, 2005.
- [4] Marchut A., Jęczmionek Ł.: *Określenie możliwości produkcji komponentu oleju napędowego z udziałem oleju*

*rzepakowego*. Dokumentacja Instytutu Technologii Nafty Nr 4209, 2006.

- [5] Rantanen L., Linnaila R.: *NExBTL – Biodiesel fuel of the second generation*, SAE International, 2005-01-3771. [www.cpi.umist.ac.uk](http://www.cpi.umist.ac.uk)



Mgr inż. Jan LUBOWICZ – kierownik Zakładu Paliw i Procesów Katalitycznych INiG. Specjalizuje się w zakresie technologii paliw ciekłych, a szczególnie paliw do silników z zapłonem samoczynnym, paliw do turbinowych silników lotniczych oraz w zakresie rafineryjnych wodorowych procesów katalitycznych. Autor wielu patentów, projektów i prac badawczych.

## ZAKŁAD PALIW I PROCESÓW KATALITYCZNYCH

Zakres działania:

- opracowywanie, rozwijanie i wdrażanie technologii produkcji LPG, benzyn silnikowych, paliw lotniczych, olejów napędowych, biopaliw I i II generacji oraz olejów opałowych, prowadzenie nadzoru technologicznego nad opracowanymi i wdrożonymi technologiami;
- ocena i atestacja komponentów paliwowych, w tym biokomponentów I i II generacji oraz komponentów ze źródeł alternatywnych;
- opracowywanie technologii uszlachetniania paliw i biopaliw silnikowych oraz olejów opałowych i rozpuszczalników, dobór odpowiednich dodatków uszlachetniających;
- wykonywanie badań i ekspertyz dotyczących jakości paliw i biopaliw silnikowych, olejów opałowych, rozpuszczalników i ich komponentów oraz ocena zgodności ze specyfikacją;
- ocena skażenia mikrobiologicznego paliw w systemie produkcji i dystrybucji;
- ocena właściwości niskotemperaturowych olejów napędowych i opałowych;
- badania stabilności pozostałościowych olejów opałowych i kompatybilność ich komponentów;
- opracowywanie, rozwijanie i wdrażanie nowych wodorowych procesów katalitycznych, ocena testowa i procesowa katalizatorów stosowanych w przemyśle rafineryjnym w procesach zeoformingu, hydroodsiarczania, hydrorafinacji i katalitycznego odparafinowania;
- ocena oddziaływania na środowisko paliw, biopaliw i innych produktów pochodzących z przemysłu rafineryjnego i petrochemicznego w oparciu o analizę cyklu życia produktu (LCA).

**Kierownik:** mgr inż. Jan Lubowicz

**Adres:** ul. Łukasiewicza 1, 31-429 Kraków

**Telefon:** 12 617-76-69

**Faks:** 12 617-75-22

**E-mail:** [jan.lubowicz@inig.pl](mailto:jan.lubowicz@inig.pl)

