

The effect of greenhouse gases and natural factors on the changes in Earth temperature

Wpływ gazów cieplarnianych i czynników naturalnych na kształtowanie się temperatury Ziemi**

DOI: 10.15199/62.2015.9.13

Impact of CO₂ and H₂O content in the Earth atmosphere on the air temp. was considered to explain the reasons of the greenhouse effect.

Wzrost ilości gazów cieplarnianych wywołany działalnością człowieka potęguje naturalny efekt cieplarniany, w wyniku czego istnieje możliwość wzrostu średniej temperatury powierzchni Ziemi i atmosfery, a to może mieć negatywny wpływ na naturalne ekosystemy i ludzkość. Dowody potwierdzające związek pomiędzy globalnymi zmianami klimatu a działalnością człowieka stały się bodźcem do zbadania tych zależności. W publikacji zestawiono ważniejsze czynniki przemawiające za i przeciw zagrożeniom związanym z emisją do atmosfery jednego z głównych gazów cieplarnianych jakim jest ditlenek węgla. W rozważaniach uwzględniono m.in. charakterystyki absorpcji promieniowania w atmosferze w zależności od stężenia i temperatury ditlenku węgla, zmiany stężenia ditlenku węgla w atmosferze oraz związek odchyłań temperatury od jej wartości średniej a aktywnością Słońca.

** Redakcja przedstawiła już swoje poglądy na temat braku znaczenia CO₂ dla efektu cieplarnianego^{22, 23)}



Prof. zw. dr hab. inż. Stanisław GUMUŁA w roku 1967 ukończył studia na Wydziale Elektrotechniki AGH Akademii Górniczo-Hutniczej im. Stanisława Staszica. Jest profesorem zwyczajnym na Wydziale Energetyki i Paliw AGH. Specjalność – energetyka, mechanika.

* Autor do korespondencji:

Wydział Energetyki i Paliw, AGH Akademia Górniczo-Hutnicza im. Stanisława Staszica, al. A. Mickiewicza 30, 30-059 Kraków, tel.: (12) 617-30-78, fax: (12) 617-37-67, e-mail: stangum@gmail.com

Grupy ekspertów coraz dobitniej wskazują, że emisja CO₂ związana ze spalaniem paliw kopalnych wzmacnia efekt cieplarniany w atmosferze, czego następstwem jest systematyczny wzrost temperatury atmosfery, a wraz z nim topnienie lodowców, podnoszenie się poziomu oceanów, anomalie pogodowe i katastrofy ekologiczne niszczące środowisko, gospodarkę i infrastrukturę. Zapobiegać tym zjawiskom można poprzez drastyczne ograniczenie emisji CO₂ do atmosfery dzięki większemu wykorzystaniu odnawialnych źródeł energii i oszczędzaniu energii¹⁾. Kluczowym zadaniem jest tutaj edukacja ekologiczna już od najmłodszych lat²⁾.

W ciągu ostatnich dziesięcioleci zebrano, porównano i przeanalizowano wiele danych, które pozwalają zrekonstruować średnią temperaturę naszego globu w okresie poprzedzającym bezpośrednie pomiary atmosferyczne. Uzyskane informacje pochodziły z odwiertów osadów morskich, koralowców, rdzeni lodowych oraz nacieków jaskiniowych z całego świata. Bazując na danych z osadów głębokomorskich badano stężenia izotopów tlenu lub stosunek magnezu do wapnia w kalcytowych muszlach mikroskopijnego planktonu, ponieważ jedne i drugie mają dobrą korelację z temperaturą wód powierzchniowych. Przeprowadzona restytucja temperatury dotycząca 11 tys. lat przedstawia wartości uśrednione, co wynika z faktu, że osady z sąsiadujących lat są ze sobą wymieszane. Dodatkowo podczas wiercenia odwiertu zaburzeniu ulega warstwa powierzchniowa, co powoduje brak możliwości rekonstrukcji wartości temperatur sięgających teraźniejszości. Uzyskane dane (rys. 1) można porównać z oszacowaniem temperatury w oparciu o analizę słoju drzew, pozwalającą sięgnąć w przeszłość o ok. 2 tys. lat (rys. 2)³⁻⁵⁾.

W dziejach Ziemi były okresy zarówno cieplejsze, jak i chłodniejsze niż ostatnich kilkadziesiąt lat. Wczesny holocen (11,7 do 8–7 tys. lat p.n.e.)

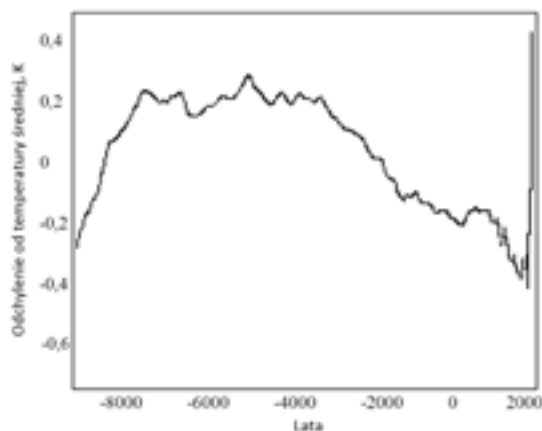


Fig. 1. Changes in the Earth temperature in the Holocene

Rys. 1. Przebieg zmian temperatury globu w holocenie

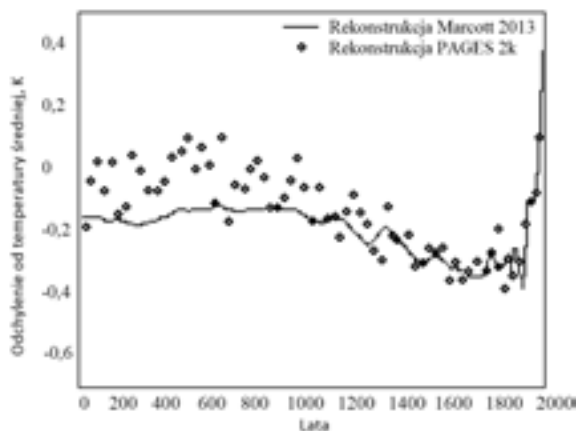


Fig. 2. Changes in the Earth temperature in the last 2,000 years

Rys. 2. Przebieg zmian temperatury globu przez ostatnie 2000 lat

charakteryzował się nawrotami zimna, natomiast w środkowym holoenie wystąpiło optimum klimatyczne. Należy tu jednak zaznaczyć, że ciepły klimat w wyższych szerokościach geograficznych był rekompensowany ochłodzeniem w obszarze śródziemnomorskim. W późnym holoenie (4–5 tys. lat p.n.e.) klimat zaczął się ponownie ochładzać (rys. 1). Na przestrzeni ostatnich 2000 lat zwraca uwagę średniowieczne ocieplenie klimatu (IX–XIII w.) oraz mała epoka lodowcowa (XV–XVIII w.) (rys. 2). Temperatura Ziemi w ostatnim stuleciu wzrosła o mniej niż 0,8 K, przy czym najintensywniej rosła przez ostatnie 20 lat (rys. 3)^{6–10}.

Znacznemu wzrostowi temperatury na lądach towarzyszył nieznaczny jej przyrost nad oceanami. Wynika to z bezwładności termicznej wód w oceanach. Na lądzie szybciej widoczna jest trwająca setki lat zwyżka temperatury oceanów. Potwierdzeniem tego faktu są centralne, odległe od oceanów obszary Azji, gdzie temperatura wzrosła nie o ułamek stopnia, ale o 2–3 K. Innym obszarem o wyższej temperaturze jest półkula północna, charakteryzująca się większą masą lądową i tym samym intensywniejszym wpływem gazów cieplarnianych niż półkula południowa. Ciepłej jest również w Arktyce, gdzie topnieją lód i śnieg. Coraz cieplejszy klimat może przyspieszyć cofanie się lodowca, a odsłonięta gleba pochłania więcej światła i wypromieniowuje je w podczerwieni, którą pochłaniają gazy cieplarniane. To powoduje, że robi się jeszcze cieplej i więcej śniegu ulega stopieniu¹⁰.

Kolejnym czynnikiem mającym wpływ na klimat w skali globalnej jest aktywność słoneczna. Analizując zmiany cyklu słonecznego (rys. 4) można zauważyć maksima przypadające na lata 1980, 1990 i 2000 oraz występujące pomiędzy nimi minima w latach 1985, 1995, 2005. Krzywa temperatury dobrze koreluje z aktywnością Słońca^{10–12}). Wpływ na temperaturę Ziemi mają także oscylacje w prądach morskich, np. Dekadalna Oscylacja Pacyficzna i Atlantycka Oscylacja Wielodekadowa.

Omawiając zmiany klimatu trzeba również wspomnieć o anomalii pogodowej El Niño. Polega ona na utrzymywaniu się ponadprzeciętnie wysokiej temperatury na powierzchni wody w strefie równikowej Pacyfiku. Zwykle ocieplenie wód trwa kilka tygodni, jednak gdy El Niño występuje miesiącami lub latami dochodzi do ochłodzenia wody w rejonie Australii oraz jej ocieplenia w rejonie Ameryki Południowej o 3–8°C. Zmienia się również kierunek wiatru nad Pacyfikiem, który teraz wieje

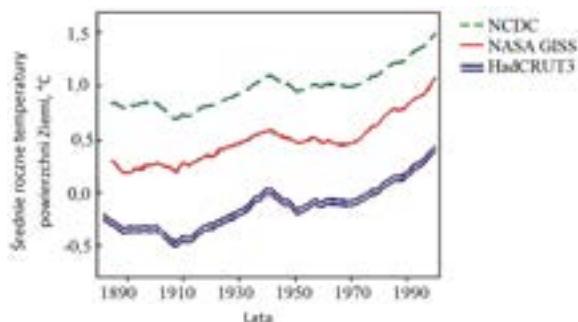


Fig. 3. Average annual temperatures of the Earth surface

Rys. 3. Średnie roczne temperatury powierzchni Ziemi

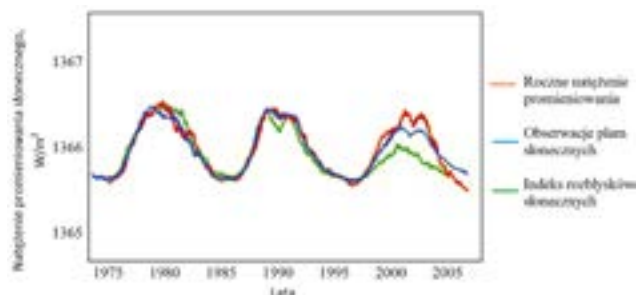


Fig. 4. Solar activity

Rys. 4. Aktywność słoneczna

na wschód, odwracając jednocześnie kierunek prądów oceanicznych. Nagrzewająca się po drodze woda dopływa do wybrzeży Ameryki Południowej powodując tam katastrofalne opady oraz wzrost temperatury powietrza, powodujący topnienie lodowców i wiecznych śniegów w Andach. W Australii natomiast występują wtedy katastrofalne susze. Wpływ El Niño widoczny jest na całym świecie, w postaci chłodniejszych, śnieżnych zim w USA, bardziej suchych i gorących lat w Ameryce Południowej i Europie oraz susz w Afryce. Jego przeciwieństwem jest La Niña, charakteryzujące się nadzwyczajnie niskimi temperaturami wody¹³.

Mechanizm powstawania efektu cieplarnianego

Wszystkie ciała stałe, ciekłe i gazowe emitują oraz absorbują promieniowanie¹⁴). Promieniowanie to jest niezależne od obecności i temperatury innych ciał znajdujących się w ich sąsiedztwie. Intensywność promieniowania ciał stałych i ciekłych jest ciągłą funkcją długości wypromieniowywanej fali, a współczynniki emisyjności i absorpcyjności powierzchni danego ciała są sobie równe. Inaczej, z punktu widzenia absorpcyjności i emisyjności promieniowania, przedstawiają się właściwości gazów lub mieszaniny gazów, z których składa się atmosfera ziemiska. Przede wszystkim ogromna grupa gazów, skupiająca gazy jedno- i dwuatomowe (poza dwoma wyjątkami CO oraz HCl), ma absorpcyjność i emisyjność praktycznie równą zero, czyli nie absorbują i nie emitują promieniowania w żadnym zakresie długości fal (częstotliwości promieniowania).

Gazy trój- i więcej atomowe mają emisyjność i absorpcyjność różną od zera, ale nie jest ona ciągłą funkcją długości fali. Inaczej mówiąc jest ona selektywna, czyli występuje tylko w pewnych pasmach długości fali. Pasma absorpcyjności i emisyjności danego gazu są identyczne. To znaczy dany gaz absorbuje i emituje promieniowanie w tych samych przedziałach długości fali. Również wartości współczynników emisyjności i absorpcyjności dla danego gazu są sobie w przybliżeniu równe (analogia do prawa Kirchhoffa). Pasma emisyjności i absorpcyjności dla różnych gazów mogą się pokrywać (nachodzić na siebie), mogą się pokrywać częściowo, mogą również na siebie nie nachodzić dla żadnej długości fali. Należy jeszcze zaznaczyć, że inaczej niż ciała stałe, które emitują i absorbują promieniowanie powierzchnią, gazy, nie mając powierzchni, czynią to całą objętością. Emisyjność i absorpcyjność gazu wyrażona współczynnikiem emisyjności, równym w przybliżeniu współczynnikowi absorpcyjności, zależy od temperatury gazu oraz ilości gazu wyrażonej iloczynem grubości warstwy tego gazu i jego ciśnienia. Jeżeli gaz jest składnikiem w mieszaninie złożonej z większej ilości gazów, przyjmuje się jego ciśnienie cząstkowe (parcjalne). Relacje te przedstawiają rodziny charakterystyk dla ditlenku węgla (rys. 5) oraz dla pary wodnej (rys. 6). Proces emisji i absorpcji ma miejsce tylko w pewnych pasmach długości fal promieniowania właściwych dla danego gazu.

Intensywność promieniowania Słońca, jako funkcja długości fali, jest zbliżona do ciała doskonale czarnego. Emisyjność, a tym samym absorpcyjność podstawowych składników atmosfery (tlen i azot) jako gazów dwuatomowych, jest zerowa dla wszystkich długości fal. Z kolei pasma emisyjności i absorpcyjności gazów o większej liczbie atomów w cząsteczce, obecnych w atmosferze ziemskiej, znajdują się poza pasmem promieniowania Słońca. W tej sytuacji intensywność promieniowania Słońca przy przejściu przez atmosferę nie ulega istotnym zmianom i w pogodny dzień, przy czystej atmosferze, jej wartość na szczycie atmosfery jest

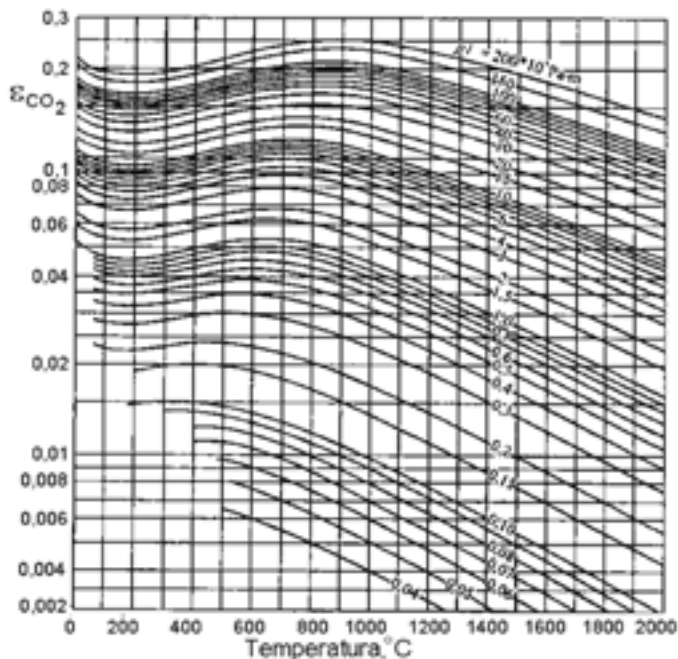


Fig. 5. Relationship between emissive power (absorptivity) of carbon dioxide and the gas temperature and the ratio of the thickness of its layer and partial pressure

Rys. 5. Zależność emisyjności (absorpcyjności) ditlenku węgla od temperatury tego gazu oraz iloczynu grubości jego warstwy i ciśnienia cząstkowego

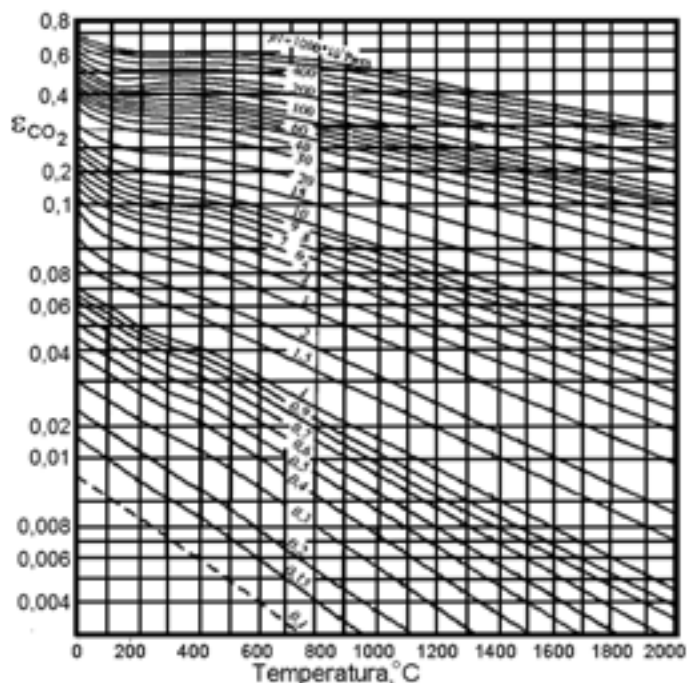


Fig. 6. Relationship between emissive power (absorptivity) of water vapour and the gas temperature and the ratio of the thickness of its layer and partial pressure

Rys. 6. Zależność emisyjności (absorpcyjności) pary wodnej od temperatury tego gazu oraz iloczynu grubości jego warstwy i ciśnienia cząstkowego

zbliżona do wartości na powierzchni Ziemi. Energia promieniowania słonecznego, docierająca na powierzchnię Ziemi, ulega między innymi konwersji na ciepło i w ten sposób powierzchnia Ziemi staje się wtórnym źródłem promieniowania. Promieniowanie Ziemi odbywa się w innym zakresie długości fal niż promieniowanie Słońca i posiada oczywiście znacznie mniejszą intensywność, a co najistotniejsze w przedziale długości fal promieniowania Ziemi znajdują się pasma emisji i absorpcji gazów znajdujących się w atmosferze. Do gazów tych należą przede wszystkim para wodna, metan, ozon i ditlenek węgla. Zatem promieniowanie Ziemi, które jest ciągłą funkcją długości fali, w pewnych zakresach tych długości będzie absorbowane, czyli zamieniane na ciepło. Zakres długości fal absorpcji promieniowania Ziemi w atmosferze to oczywiście zakres

absorpcji gazów, które się w niej znajdują. Właśnie ta zamiana energii promieniowania Ziemi na ciepło w atmosferze, na skutek istnienia w niej gazów więcej niż dwuatomowych, nazywana jest efektem cieplarnianym (*greenhouse effect*), a gazy, które go powodują gazami cieplarnianymi^{15, 16}.

Ditlenek węgla w atmosferze

Ditlenek węgla był w atmosferze odkąd istnieje życie na Ziemi, jest produktem przemiany materii oraz podstawowym budulcem ziemskiej flory. Na przestrzeni ostatnich lat równowaga pomiędzy produkcją CO₂ a asymilowaniem go przez świat roślin jest wyraźnie zachwiana, gdyż energetyka produkuje coraz więcej ditlenku węgla, a drzew i roślin jest coraz mniej. Wciąż narasta ilość wyemitowanego do atmosfery CO₂ i rośnie jego stężenie w atmosferze. Równocześnie obserwuje się tendencję wzrostową temperatury powietrza atmosferycznego. Stąd wynika pogląd, że globalne ocieplenie wywodzi się ze wzrostu stężenia ditlenku węgla w atmosferze.

Przyzupuszczenie, że CO₂ jest jedynym sprawcą wzrostu temperatury na Ziemi budzi także poważne wątpliwości. Udział CO₂ w tworzeniu efektu cieplarnianego w atmosferze jest bowiem ułamkowy, gdyż główną rolę odgrywa tu para wodna. Jednocześnie wahania temperatury atmosfery i odchylenia od wartości średniej na przestrzeni ostatnich kilku tysięcy lat byłyby większe niż obecnie i nie wiązały się ze zmianami stężenia ditlenku węgla. Równocześnie zauważono, że stężenie ditlenku węgla w ciągu ostatnich wieków rośnie monotonicznie, a w przebiegu zmian temperatury atmosfery obserwuje się sięgające 20 lat okresy spadku temperatury. Za znikomym wpływem CO₂ może też świadczyć fakt, że absorpcyjność promieniowania przez ditlenek węgla rośnie ze wzrostem jego stężenia, przy czym wzrost absorpcyjności powoduje wzrost temperatury CO₂, co w konsekwencji powoduje podniesienie temperatury CO₂ i obniżenie jego absorpcyjności, a więc zjawisko to ma właściwości stabilizujące¹⁷⁻²¹.

Podsumowanie

Przedstawiono wpływ działalności człowieka na efekt cieplarniany. Skupiono się tutaj na dwóch gazach cieplarnianych, jakimi są ditlenek węgla i para wodna. Stwierdzono, że o ile udział CO₂ w globalnym ociepleniu jest ułamkowy, to w przypadku pary wodnej jest on dużo większy.

Obok czynników antropogenicznych, również czynniki naturalne mają wpływ na kształtowanie się temperatury na Ziemi. Na pewno trzeba tu wymienić aktywność słoneczną i oscylacje w prądach morskich. Kolejnym czynnikiem, kształtującym klimat, jest anomalia pogodowa El Niño, która polega na utrzymywaniu się ponadprzeciętnie wysokiej temperatury na powierzchni wody w strefie równikowej Pacyfiku. Jego przeciwieństwem jest La Niña, która charakteryzuje się nadzwyczajnie niskimi temperaturami wody.

Otrzymano: 29-06-2015

LITERATURA

1. S. Gumuła, K. Pytel, M. Piaskowska-Silarska, *Pol. J. Environ. Stud.* 2014, **23**, nr 6, 2315.
2. H. Noga, W. Sobczyk, W. Kozaczyński, *Edukacja ekologiczna dzieci i młodzieży*, Rocznik Naukowo-Dydaktyczny WSP, Prace techniczne VI, Wyd. Nauk. WSP, Kraków 1998, s. 57.
3. <http://naukaoklimacie.pl>, dostęp maj 2015 r.
4. S.A. Marcott, J.D. Shakun, P.U. Clark, A.C. Mix, *Science* 2013, **339**, nr 6124, 1198.
5. <http://www.pages-igbp.org>, dostęp maj 2015 r.
6. Z. Kolenda, *Kontrowersje wokół globalnego ocieplenia klimatu*, Wydawnictwo PAU, Kraków 2000.
7. S.M. Stanley, *Historia Ziemi*, Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa 2002.
8. <http://www.jednaziemia.pl>, dostęp maj 2015 r.
9. www.klimatdlaziemi.pl, dostęp maj 2015 r.
10. <http://ziemianarozdrozu.pl>, dostęp maj 2015 r.
11. A. Mafecki, *Biul. Polskiego Stowarzyszenia Wodoru i Ogniw Paliwowych* 2009, nr 4.
12. M. Miętus, *Biul. Polskiego Stowarzyszenia Wodoru i Ogniw Paliwowych* 2009, nr 4.
13. www.elnino.noaa.gov, dostęp maj 2015 r.
14. T. Hobler, *Ruch ciepła i wymienniki*, WNT, Warszawa 1998.
15. K. Pytel, K. Jaracz, S. Gumuła, 13th Intern. Carpathian Control Conference (ICCC), 28-31 maja 2012 r., Podbanské (Słowacja).
16. K. Pytel, K. Jaracz, *Poznan Univ. Technol. Acad. J. Electr. Eng. Stud.* 2012, **70**, 173.
17. S. Gumuła, K. Pytel, M. Piaskowska-Silarska, *Pol. J. Environ. Stud.* 2014, **23**, nr 6, 2321.
18. W. Hudy, *Trans. Tech. Univ. Ostrava Mech. Series* 2013, **59**, nr 2.
19. W. Hudy, H. Noga, *Mat. Intern. Conf. Energy Materials and Environment Engineering*, 25-26 października 2014 r., Guangzhou (Chiny).
20. W. Leonard, *Control of electrical drives*, Springer Verlag, Berlin 1985.
21. T. Orłowska-Kowalska, *Control systems of the induction motors without sensors*, Oficyna Wydawnicza Politechniki Wrocławskiej, Wrocław 2003.
22. K. Gosiewski, *Przem. Chem.* 2009, **88**, nr 8, 898.
23. R. Pietrzak, *Przem. Chem.* 2012, **91**, nr 2, 125.