

ELEKTRYCZNY ANALOG POMIARU DYFUZJI TLENU W GLEBIE*

A. Bieganowski, M. A. Malicki

Instytut Agrofizyki im. Bohdana Dobrzańskiego PAN, ul. Doświadczalna 4, 20-290 Lublin 27
e-mail: biegan@demeter.ipan.lublin.pl

Streszczenie. Przedstawiono układ elektryczny modelujący zjawiska zachodzące w trakcie pomiaru potencjalnej dyfuzji tlenu w glebie przy zastosowaniu metody amperometrycznej oraz woltamperometrycznej. Układ może być wykorzystany do testowania poprawności działania stosowanych układów pomiarowych.

Słowa kluczowe: gęstości strumienia tlenu w glebie, ODR, OFD.

SPIS OZNACZEŃ

- PGST – potencjalna gęstość strumienia tlenu w glebie;
- ODR – oxygen diffusion rate – PGST w glebie wyznaczona metodą amperometryczną;
- OFD – oxygen flux density – PGST w glebie wyznaczona metodą woltamperometryczną;
- NEK – nasycona elektroda kalomelowa;
- A – anoda
- Pt – katoda platynowa;
- R – opornik o zadanej lub regulowanej rezystancji;
- P – potencjometr;
- U – ogniwo;
- J – prąd płynący w układzie [A];
- U – napięcie lub potencjał [U].

* Pracę wykonano w ramach projektu badawczego Nr 6 P06B 027 20 finansowanego przez KBN w latach 2001-2003.

WSTĘP

Elektrochemiczne metody oceny potencjalnej gęstości strumienia tlenu (PGST) w glebie, amperometryczna [3,4] oraz woltamperometryczna [7], polegają na pomiarze prądu redukcji tlenu na platynowej katodzie o określonym potencjale. Podstawowym warunkiem interpretowalności mierzonego prądu redukcji w kategoriach PGST jest utrzymywanie potencjału katody na odpowiednim poziomie wartości.

Rozwiązanie metodyczne umożliwiające spełnienie tego warunku dla metody amperometrycznej zostało zaproponowane przez Malickiego i Walczaka, gdzie potencjał katody jest automatycznie regulowany potencjostatem [6]. W metodzie woltamperometrycznej problem ten jest rozwiązywany poprzez liniowe zmiany potencjału katody w zadanym przedziale [7].

Obydwa powyższe rozwiązania nie gwarantują poprawności pomiarów ze względu na możliwość wadliwego funkcjonowania potencjostatu lub regulatora zmian potencjału katody w metodzie woltamperometrycznej. Jest to szczególnie ważne w przypadku stosowania metody amperometrycznej, gdzie nie istnieje możliwość wskazania i odrzucenia błędnych wyników.

Dla zapewnienia poprawności funkcjonowania aparatury pomiarowej konieczne jest sprawdzenie czy potencjostat działa sprawnie w całym zakresie dynamicznym parametrów warunkujących pomiar.

CEL

Opracowano i przetestowano elektryczny model (analog) zjawisk towarzyszących pomiarowi dyfuzji tlenu w glebie pozwalający na ocenę poprawności funkcjonowania amperometru i woltamperometru podczas elektrochemicznego wyznaczania potencjalnej gęstości strumienia tlenu w glebie.

ZASADA POMIARU

Zasadę pomiaru przy wykorzystaniu metody amperometrycznej ilustruje Rys. 1a. System pomiarowy składa się z dwóch obwodów elektrycznych [5]. Pierwszy z nich, obwód prądowy to połączone szeregowo: anoda, gleba, katoda, mikroamperomierz, potencjometr i zasilacz. Służy on do pomiaru prądu elektrodowej reakcji redukcji tlenu. Drugi to obwód napięciowy, służący do pomiaru potencjału katody, a w nim połączone szeregowo: źródło napięcia wzorcowego (650 mV), elektroda porównawcza NEK, gleba, katoda i woltomierz.

Potencjometr, P_1 , ustawia się tak, by wyzerować wskazania woltomierza, co jest równoznaczne z wymuszeniem potencjału katody Pt na poziomie -650 mV względem NEK. Ponieważ potencjał własny NEK wynosi ok. $+250$ mV to na granicy faz Pt | roztwór glebowy występuje ujemne względem roztworu glebowego napięcie elektryczne równe ok. 400 mV. Jest ono zbyt małe, aby powodować elektrolizę wody, ale na tyle duże, że pozwala na redukcję tlenu cząsteczkowego na katodzie. Ponieważ dopływ tlenu do powierzchni katody jest ograniczany przez dyfuzję to pomiar prądu płynącego w obwodzie prądowym pozwala wnioskować o gęstości strumienia tlenu.

W przypadku wykorzystania metody woltamperometrycznej istota pomiaru nie ulega zmianie. Różnica polega na tym, że nie ustala się potencjału katody na zadanym poziomie tylko w sposób automatyczny zmienia liniowo potencjał w czasie, w zadanym przedziale potencjału. Otrzymuje się w ten sposób zbiór par danych $U, J(U)$ tworzących tzw. krzywą woltamperometryczną.

Dla odróżnienia wyników otrzymanych obiema metodami wielkości wyznaczone przy wykorzystaniu metody amperometrycznej oznacza się jako ODR (oxygen diffusion rate) a wielkości wyznaczone metodą woltamperometryczną jako OFD (oxygen flux density) [1].

ZJAWISKA FIZYKOCHEMICZNE UWZGLĘDNIONE W MODELU

Zjawiska fizykochemiczne, które zostały uwzględnione w elektrycznym modelu przedstawiono w Tabeli 1.

Tabela 1. Zestawienie zjawisk fizykochemicznych uwzględnionych w modelu i ich elektrycznych reprezentantów.

Table 1. Collection of physical and chemical phenomena included in the model and their electrical representing.

Zjawisko	Elementy układu elektrycznego symulujące określone zjawisko	Wartość elementu układu elektrycznego*
opory dyfuzyjnego przepływu tlenu	regulowany opornik R_3	100 k Ω
opór elektryczny gleby na drodze katoda Pt – NEK	regulowany opornik R_4	5 M Ω
opór elektryczny gleby na drodze katoda Pt – anoda	regulowany opornik R_2	100 k Ω
potencjał bezwzględny elektrody Pt w elektrolicie glebowym	układ P_1 – dwa ogniwa U_1 i U_2 oraz regulowany opornik R_1	$1,5$ k Ω

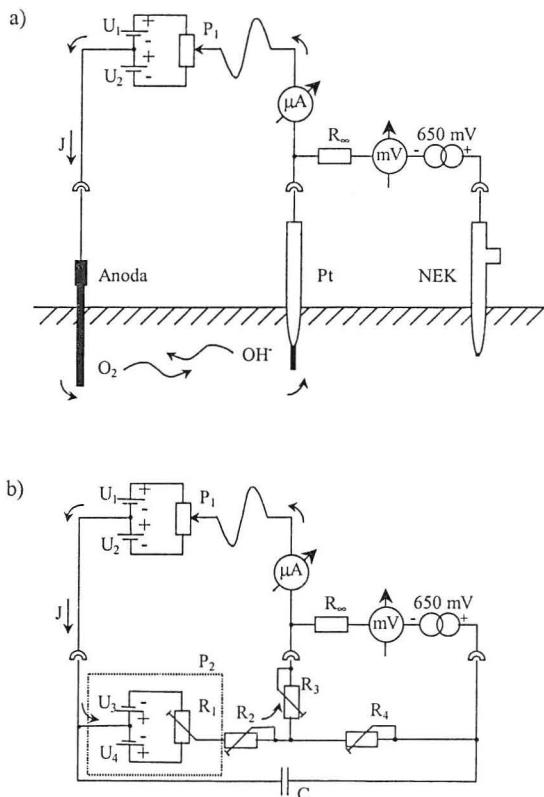
* podane w tabeli wartości należy traktować jako przykładowe. Zastosowanie innych wartości nie zmienia zakresu stosowalności układu.

SCHEMAT MODELU

Regulowany opornik R_3 modeluje zasadniczą dla istoty pomiaru wielkość – opory dyfuzyjnego przepływu tlenu. Zmiana oporności tego opornika odpowiada sytuacji, gdy w glebie zmienia się potencjalna gęstość strumienia tlenu. W kategoriach weryfikacji poprawności działania aparatury pomiarowej zmiany oporności tego opornika powodują proporcjonalne zmiany odczytu prądu odpowiadającego ODR i/lub OFD. Ze względu na fakt, że przy zastosowaniu opornika nie występuje ograniczenie prądu poprzez zjawisko dyfuzji obserwowane zmiany ODR i OFD mają charakter liniowy o różnym współczynniku kierunkowym prostej.

Opornik R_4 modeluje opór elektryczny gleby na drodze Pt – NEK zaś R_2 modeluje opór elektryczny gleby na drodze katoda Pt – anoda. Zmiany ich oporności nie powodują zmian w odczytach ODR i/lub OFD.

Również zmiana oporności opornika R_1 , będącego częścią układu symulującego potencjał elektrodowy katody nie zmienia odczytów wartości ODR i/lub OFD ponieważ zmiany te kompensowane są przez potencjostat.



Rys. 1. a) Schemat układu elektrod umieszczonych w glebie podczas pomiaru PGST metodą amperometryczną i voltamperometryczną, b). Schemat układu elektrycznego modelującego procesy zachodzące w glebie podczas pomiaru potencjalnej gęstości strumienia tlenu metodami amperometryczną i voltamperometryczną.

Fig. 1. a) The setup of electrodes which is used during measurements at potential oxygen flux density in the soil, b) The diagram of electric model of processes which occurs in the soil during amperometric and volt amperometric measurements of potential oxygen flux density.

PODSUMOWANIE

Wykorzystanie elektrycznego modelu zjawisk fizykochemicznych występujących podczas pomiaru potencjalnej gęstości strumienia tlenu w glebie metodami elektrochemicznymi daje możliwość weryfikacji poprawności działania aparatury pomiarowej.

PIŚMIENNICTWO

1. **Bieganowski A.:** Rozprawa doktorska. Instytut Agrofizyki PAN, Lublin, 1998.
2. **Gliński J., Stępniewski W.:** Soil aeration and its role for plants. CRC Press Inc., Florida, USA, 1985.
3. **Lemon E.R., Erickson A.E.:** The measurement of oxygen diffusion in the soil with Platinum microelectrode. Soil Sci. Soc. Amer. Proc., 16, 160-163, 1952.
4. **Lemon E.R., Erickson, A.E.:** Principle of the platinum microelectrode as a method of characterizing soil aeration. Soil Sci., 79, 383-392, 1955.
5. **Malicki M.:** Measurements of redox potential and oxygen diffusion rate (ODR) in the soil. Zesz Probl. Post Nauk Roln., 388, 115-127, 1990.
6. **Malicki M., Walczak R.:** A gauge of the redox potential and the oxygen diffusion rate in the soil, with an automatic regulation of cathode potential. Zesz. Probl. Post. Nauk Roln., 220, 447-451, 1983.
7. **Malicki M.A., Bieganowski A.:** Chronopotammetric determination of oxygen flux density in the soil. International Agrophysics, 13, 273-281, 1999.

ELECTIC MODEL OF OXYGEN DIFFUSION IN SOIL

A. Bieganowski, M. A. Malicki

Institute of Agrophysics, Polish Academy of Sciences, ul. Doświadczalna 4, 20-290 Lublin
e-mail: Biegan@demeter.ipan.lublin.pl

Summary. An electric circuit that models physical and chemical phenomena during electrochemical amperometric and/or voltammetric oxygen flux density measurements is presented. The circuit can be used for testing of real measuring equipment.

Key words: oxygen flux density in the soil, ODR, OFD.