

STRESZCZENIE

W niniejszej rozprawie doktorskiej zaprezentowano rezultaty badań procesu beztlenowego utleniania metanu (AOM) w słodkowodnych osadach dennych zbiorników zaporowych Rzeszów, Maziarnia i Nielisz zlokalizowanych w południowo-wschodniej Polsce. Szybkość AOM wyznaczono eksperymentalnie w 5 wariantach: (1) bez znacznika (He), (2) z dodatkiem znacznika izotopowego $^{13}\text{CH}_4$ oraz ze znacznikiem i akceptorem elektronów: (3) $^{13}\text{CH}_4+\text{NO}_3^-$, (4) $^{13}\text{CH}_4+\text{SO}_4^{2-}$ i (5) $^{13}\text{CH}_4+\text{Fe}^{3+}$. Inkubację trzech warstw osadów (0-5, 5-10 i 10-15 cm) prowadzono w temperaturach 10°C, 15°C i 20°C. W pracy przeprowadzono również analizę dotyczącą obecności wybranych biomarkerów lipidowych mikroorganizmów uczestniczących w AOM (archaeol, crocetane, skwalan i pristane).

Prowadzone w ramach dysertacji badania wykazały, że proces AOM zachodzi w słodkowodnych ekosystemach zbiorników zaporowych. Świadczyło o tym przede wszystkim utlenianie wprowadzanego znacznika $^{13}\text{CH}_4$ do $^{13}\text{CO}_2$, co obserwowano w inkubacjach z dodatkiem, jak i bez dodatku potencjalnych akceptorów elektronów. Otrzymane szybkości AOM były zróżnicowane nie tylko pomiędzy badanymi zbiornikami, ale również w tym samym zbiorniku, nawet w różnych warstwach osadów dennych. Najczęściej w głębszych warstwach obserwowano niższą intensywność utleniania CH_4 . Badanie wpływu potencjalnych akceptorów elektronów (NO_3^- , SO_4^{2-} i Fe^{3+}) wykazało, że w osadach dennych zbiorników Rzeszów i Maziarnia, w większości przypadków najintensywniej zachodził proces utleniania CH_4 połączony z redukcją siarczanów (AOM-SR), pomimo, że jest to proces najmniej korzystny energetycznie. W zbiorniku Nielisz natomiast w temperaturze 10°C szybkość AOM w inkubacji z SO_4^{2-} dominowała we wszystkich warstwach osadów nad pozostałymi utleniaczami. Znaczenie pozostałych badanych utleniaczy (NO_3^- i Fe^{3+}) było mniejsze i bardzo zróżnicowane w zależności od temperatury i inkubowanej warstwy osadu. Szybkość procesu AOM zwiększała się zazwyczaj do 10-20 doby, a po tym czasie gwałtownie malała.

Analiza wpływu wybranych czynników biotycznych i abiotycznych na szybkość procesu AOM wykazała, że najistotniejszymi czynnikami kontrolującymi ten proces były: temperatura, pH, całkowity węgiel organiczny (TOCs) i azot (TN), substancje humusowe (SH) oraz ich frakcje (FA, HA), a także zasolenie wód interstycjalnych (Cl^- , Na^+ , K^+ i Mg^{2+}).

W pracy wykazano również, że w osadach dennych badanych zbiorników w procesie AOM uczestniczyły głównie archeony z grupy ANME-1, o czym świadczyły otrzymane statystycznie istotne zależności pomiędzy szybkością AOM a zawartością archeolu i pristane. Jednocześnie otrzymane korelacje pomiędzy szybkością AOM a stężeniami NO_2^- i NO_3^- , bądź NO_2^- i Fe^{2+} nie wykluczyły roli archeonów z grupy ANME-2.

Znaczenie procesu AOM w słodkowodnych osadach dennych zbiorników zaporowych nie zostało jeszcze rozpoznane, dlatego istnieje duże zapotrzebowanie na badania w tym zakresie, aby móc oszacować ich rolę w globalnym bilansie węgla.

ABSTRACT

The doctoral dissertation presents the results of the research on anaerobic oxidation of methane (AOM) in freshwater sediments of dam reservoirs of Rzeszów, Maziarnia and Nielisz located in south-eastern Poland. The AOM rate was determined experimentally in 5 options: (1) without the $^{13}\text{CH}_4$ isotope marker (He), (2) with the addition of the $^{13}\text{CH}_4$ isotope marker and with the $^{13}\text{CH}_4$ isotope marker and electron acceptor: (3) $^{13}\text{CH}_4+\text{NO}_3^-$, (4) $^{13}\text{CH}_4+\text{SO}_4^{2-}$ and (5) $^{13}\text{CH}_4+\text{Fe}^{3+}$. Incubation of three sediment layers (0-5, 5-10 and 10-15 cm) was carried out at the temperatures of 10°C, 15°C and 20°C. The work also analyzed the presence of selected lipid biomarkers of microorganisms participating in AOM (archaeol, crocetane, squalane and pristane).

The research conducted as part of the doctoral dissertation showed that the AOM process occurs in freshwater ecosystems of dam reservoirs. It was evidenced primarily by the oxidation of the $^{13}\text{CH}_4$ isotope marker to $^{13}\text{CO}_2$, which was observed in incubations with and without the addition of potential electron acceptors. The obtained AOM rates were differentiated not only between the reservoirs, but also in the same reservoir, even in different sediment layers. Most often, in the deeper layers, a lower intensity of CH_4 oxidation was observed. The study of the influence of potential electron acceptors (NO_3^- , SO_4^{2-} and Fe^{3+}) showed that in the sediments of the reservoirs of Rzeszów and Maziarnia, in most cases, the CH_4 oxidation process coupled with the reduction of sulphates (AOM-SR) was the most intensive, despite the fact that it is the least energetically favourable process. In the Nielisz reservoir, at the temperature of 10°C, the AOM rate in the incubation with SO_4^{2-} dominated in all sediment layers over the other oxidants. The significance of the other oxidants (NO_3^- and Fe^{3+}) was lower and varied greatly depending on the temperature and the incubated sediment layer. The AOM rate usually increased up to 10-20 days, and then it decreased rapidly.

The analysis of the influence of selected biotic and abiotic factors on the AOM rate showed that the most important factors controlling the process were: temperature, pH, total organic carbon (TOCs) and nitrogen (TN), humic substances (SH) and their fractions (FA, HA), as well as the salinity of pore water (Cl^- , Na^+ , K^+ and Mg^{2+}).

The study also showed that archaea from the ANME-1 cluster mainly participated in the AOM of the incubated sediments of the reservoirs, as evidenced by statistically significant relationships between the AOM rate and the content of archeol and pristane.

At the same time, correlations between the AOM rate and the concentrations of NO_2^- and NO_3^- , or NO_2^- and Fe^{2+} did not exclude a role of archaea from the ANME-2 cluster.

However, the importance of the AOM process in freshwater sediments of dam reservoirs is not yet understood, therefore there is a great need for this kind of the research in order to estimate their role in the global carbon balance.