

ANALIZA HISTORII TERMICZNEJ, WARUNKÓW POGRZEBANIA ORAZ HISTORII GENEROWANIA I EKSPULSJI WĘGLOWODORÓW

WSTĘP

Przeprowadzone modelowania historii termicznej miały na celu rekonstrukcję zmian strumienia ciepłego w czasie, określenie mechanizmów zmian reżimu termicznego oraz mechanizmów dojrzewania materii organicznej, określenie warunków pogrzebienia oraz relacji procesów termicznych w obrębie pokrywy osadowej do zdarzeń tektonicznych.

Dotychczasowe badania struktury dojrzałości termicznej basenu lubelskiego koncentrowały się na analizach stopnia odbicia światła macerałów wityrynitopodobnych (np. Nehring-Lefeld i in., 1997; Grotek i in., 1998; Narkiewicz i in., 1998b; Grotek, 2005). Ponadto uzupełniająco wykonano badania pirolityczne, w szczególności oznaczenia wskaźnika T_{max} (np. Botor i in., 2002). Dane te nie pozwalają jednak na jednoznaczne wskazanie unikatowego scenariusza zmian reżimu

termicznego basenu w czasie, co powoduje istnienie alternatywnych scenariuszy. Niemniej jednak większość dotychczasowych prac sugerowała waryscyjskie przegrzanie jako zasadniczy etap kształtowania się obserwowanej dojrzałości termicznej oraz generowania węglowodorów ze skał macierzystych (Majorowicz i in., 1984; Botor i in., 2002; Karnkowski, 2003; Poprawa, Żywiecki, 2005). Ponadto sugerowano znaczący wpływ migracji gorących roztworów na reżim paleotermiczny basenu lubelskiego (Żywiecki, 2003, 2005a, b; Poprawa, Żywiecki, 2005).

W niniejszej pracy podjęto próbę weryfikacji takiej koncepcji, co uzasadnia powstanie nowej, szerszej bazy danych charakteryzujących dojrzałość termiczną osadowego wypełnienia basenu, tj. danych kalibrujących modele komputerowe.

METODYKA

Rekonstrukcję historii termicznej i warunków pogrzebienia przeprowadzono przy użyciu techniki jednowymiarowych modelowań komputerowych, kalibrowanych pomiarami refleksyjności wityrynit lub macerałów wityrynitopodobnych. Do modelowań użyto danych określających historię pogrążania, w tym stratygrafię i miąższości poszczególnych jednostek osadowego wypełnienia basenu, parametry petrofizyczne skał, współczesny reżim cieplny oraz obecną dojrzałość termiczną. Główne źródła danych stanowiły materiały publikowane oraz archiwalne.

W procedurze modelowań dojrzałości termicznej dwoma najistotniejszymi czynnikami są historia pogrążania oraz historia strumienia ciepłego. Na historię pogrążania mają wpływ miąższości i stratygrafia poszczególnych jednostek osadowego wypełnienia basenu. Poszczególnym wydzieleniom stratygraficznym o różnej randze, zależnej od dostępnej rozdzielczości stratygraficznej, przyporządkowano wiek liczbowy. Zastosowano w tym celu tabelę stratygraficzną Gradsteina i in. (2004) oraz Gradsteina i Ogga (1996).

W modelu pogrążania uwzględniono poprawkę na dekompleksję z zastosowaniem algorytmu Baldwina i Butlera (1985). Miąższości zerodowanych fragmentów profili rekon-

struowano w procedurze modelowań dojrzałości termicznej, tj. wyznaczano ją na podstawie ekstrapolacji trendu dojrzałości termicznej do wartości powierzchniowych.

Modelowanie dojrzałości prowadzono metodą *forward*, tj. zakładano stan wyjściowy systemu oraz określony proces geologiczny, a następnie wyliczono jego skutek dla współczesnego rozkładu dojrzałości termicznej w profilu. W przypadku niezgodności między dojrzałością wyliczaną a pomierzoną, procedurę powtarzano przy innych parametrach modelu, aż do osiągnięcia optymalnej kalibracji modelu. W procedurze modelowań szczególną uwagę poświęcano problemowi unikatowości modelu, tj. analizowano alternatywne modele o analogicznej lub zbliżonej jakości kalibracji.

Jednymi z istotnych parametrów wykonanych modelowań termicznych były przewodność termiczna i pojemność cieplna poszczególnych jednostek osadowego wypełnienia basenu. Dla celów niniejszej pracy przewodność termiczną i pojemność cieplną przyjmowano dla szkieletu ziarnowego według publikowanych wartości typowych dla poszczególnych typów litologicznych. Dla poszczególnych jednostek osadowego wypełnienia basenu tworzono w bibliotece programu nowe wydzielenia litologiczne poprzez przyjęcie odpowiednich pro-

porcji między poszczególnymi składnikami. Następnie wyliczono dla nich wartości parametrów petrofizycznych, określając średnią ważoną z poszczególnych składników. Przeprowadzone modelowania umożliwiały uwzględnienie zmian w czasie wymienionych powyżej parametrów w funkcji zmian porowatości wraz z pograżaniem.

Przyjmowane wartości parametrów przewodności termicznej i pojemności cieplnej miały istotny wpływ na wyliczane wartości współczesnego strumienia oraz paleostrumienia cieplnego. Do wyliczenia współczesnego strumienia cieplnego wykorzystano termogramy otworowe. W trakcie przeprowadzonych modelowań dojrzałość termiczną wylicza-

no z zastosowaniem standardowego dla tej metody algorytmu Sweeneya i Burnhama (1990).

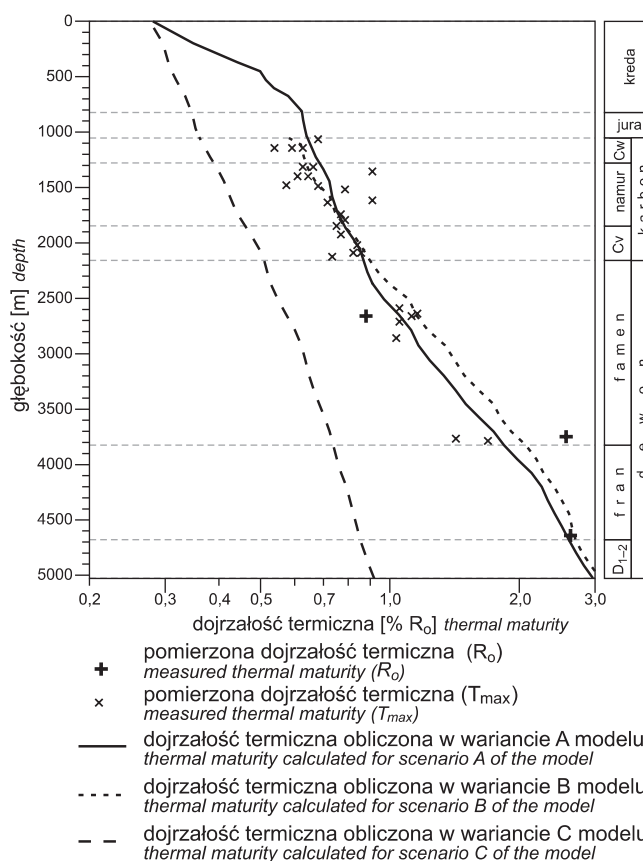
W rekonstrukcji historii termicznej uwzględniono również zmiany średniej temperatury powierzchniowej, tj. temperatur, do których cały system osadowego wypełnienia basenu był studzony (por. Szewczyk, 2002). W przypadku osadów kontynentalnych ustalono je na podstawie odtworzonej historii klimatu, natomiast w przypadku osadów morskich stanowiły je temperatury na dnie zbiornika. Długookresowe, średnie temperatury powierzchniowe odtworzono poprzez nałożenie zmian szerokości geograficznej europejskiej płyty litosferycznej w czasie na globalne zmiany klimatyczne (Wygrala, 1989).

HISTORIA TERMICZNA

Dla otworu wiertniczego Lublin IG 1 nie dysponowano pomiarami temperatury w otworze w warunkach ustalonych. Z tego powodu gęstości współczesnego, powierzchniowego strumienia cieplnego obliczono na podstawie temperatur pomierzonych w sąsiednim otworze Lublin IG 2. Nie dysponowano również laboratoryjnymi pomiarami przewodnictwa cieplnego skał, przyjmowano je w modelu dla poszczególnych typów litologicznych według danych z biblioteki programu. Obliczona wielkość współczesnego strumienia cieplnego wynosi 40 mW/m².

Do kalibracji modelu historii termicznej wykorzystano 3 pomiary R_o oraz 29 oznaczeń pirolitycznego wskaźnika T_{max} (np. Matyjasik, 1998; Botor i in., 2002; Grotek, 2005). Pomiary te obejmują długi odcinek od karbonu górnego do dewonu górnego. Pomiary te układają się w spójny trend zmian dojrzałości wraz z głębokością, charakteryzujący się gradientem dojrzałości termicznej podwyższonym w stosunku do gradientu dojrzałości wynikającego ze współczesnego rozkładu temperatur w górotworze, jak również przesuniętym w stosunku do niego w kierunku wartości wyższych (fig. 24). Sugeruje to, że w rejonie otworu wiertniczego Lublin IG 1 miało miejsce zdarzenie paleotermiczne. Istniejące dane dla kalibracji modelu nie są jednak wystarczające do stworzenia jednego unikatowego scenariusza historii termicznej oraz warunków pogrzebienia.

W pierwszym wariantcie założono, że dojrzałość utworów paleozoicznych w profilu Lublin IG 1 ukształtowała się w czasie maksymalnego waryscyjskiego pogrzebienia. W tym wypadku dla prawidłowej kalibracji model wymaga założenia późnkarbońskiego strumienia cieplnego w wysokości 65 mW/m² (fig. 25). Ponadto konieczne jest przyjęcie erozyjnie usuniętego nadkładu karbońskiego o miąższości ok. 1500 m (fig. 26). Oboczna ekstrapolacja miąższości utworów karbońskich ze stref o pełniej zachowanych profilach pozwala jednak na sugestię, że w obrębie otworu Lublin IG 1 brakuje jedynie około 300–500 m utworów karbońskich. W efekcie ten wariant modelu uznano za mało wiarygodny; niemniej



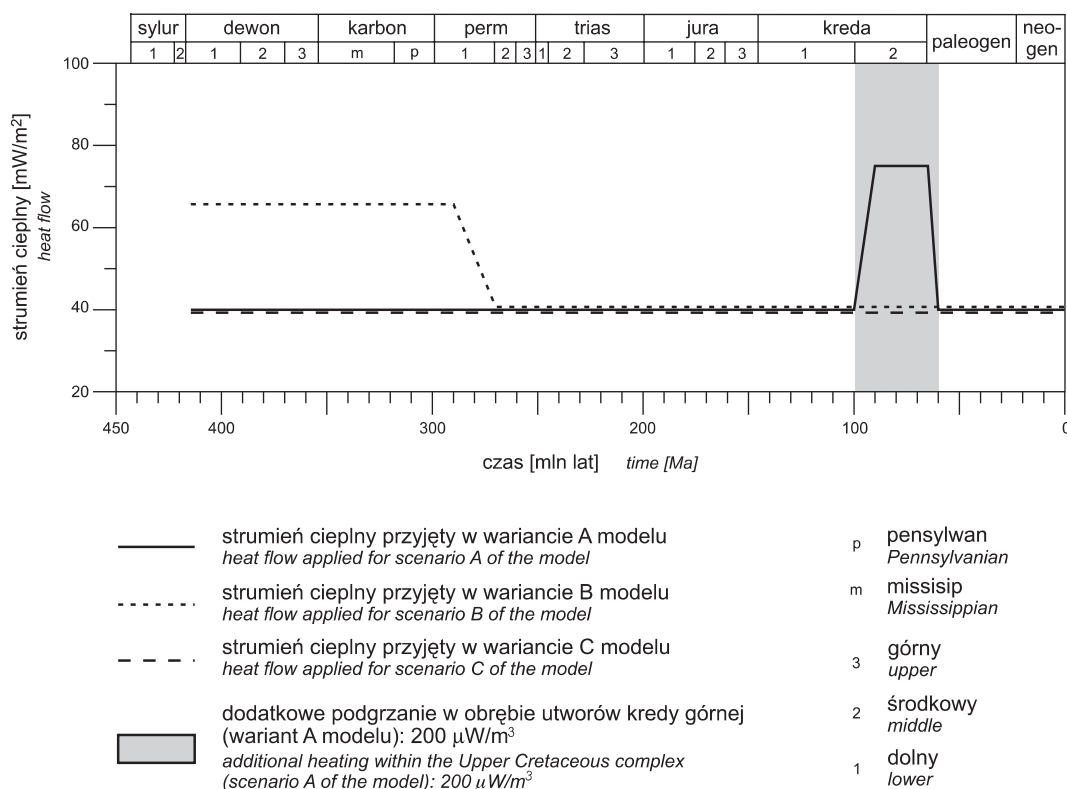


Fig. 25. Wykres zmian powierzchniowego strumienia ciepłego w czasie, założonych w analizowanym modelu

Changes of surface heat flow with time, assumed in the analyzed model

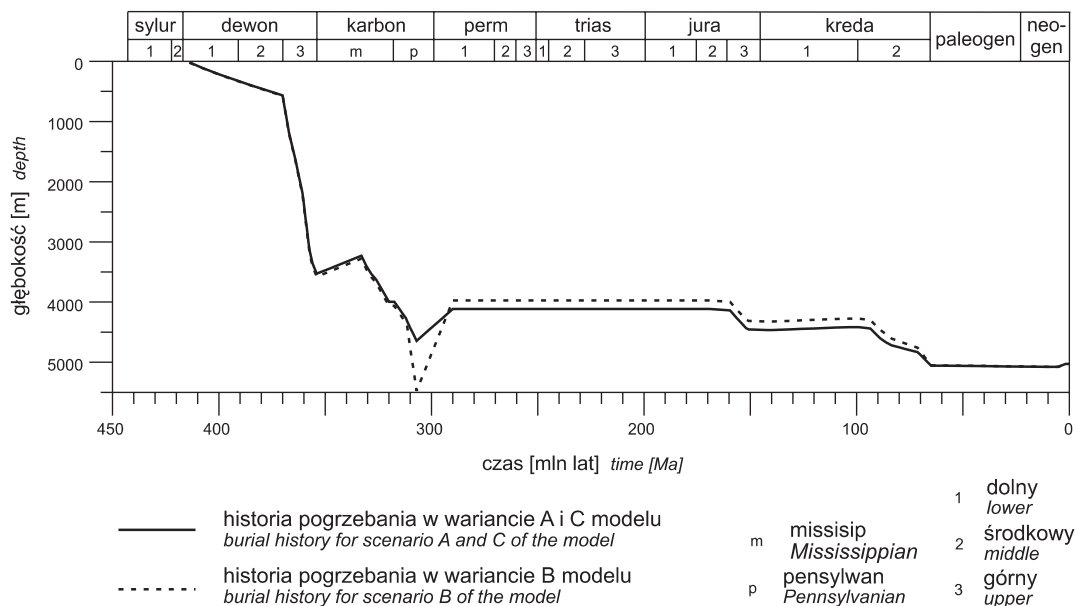


Fig. 26. Wykres zmian pogrzebania dla utworów dolnodewońskich, nawierconych w spągu otworu Lublin IG 1, założonych w analizowanym modelu

Burial history of the Lower Devonian sediments from the bottom part of the Lublin IG 1 borehole, assumed in the analyzed model

jednak jego przyjęcie oznacza, że węglowodory z potencjalnych skał macierzystych były generowane głównie w czasie późnokarbońskiego pogrzebania.

W alternatywnym wariacie modelu analizowano możliwość wytłumaczenia obserwowanego profilu dojrzałości termicznej jako efektu mezozoicznego zdarzenia termicznego. Satisfakcjonującą kalibrację modelu można uzyskać przyjmując, że w czasie późnokredowego pogrzebania strumień

cieplny w obrębie pokrywy osadowej był znacząco podwyższony i wynosił ok. 75 mW/m^2 (fig. 24, 25). W tym wariacie modelu konieczne jest ponadto przyjęcie generowania dodatkowej energii cieplnej w obrębie kompleksu utworów górnokredowych w ilości $200 \mu\text{W/m}^3$. Taki wariant modelu przewiduje, że główny impuls generowania węglowodorów z górnopaleozoicznych skał potencjalnie macierzystych miał miejsce w mezozoiku.

WNIOSKI

1. Stwierdzono, że profil dojrzałości termicznej w otworze wiertniczym Lublin IG 1 stanowi zapis zdarzenia paleotermicznego, dla którego odtworzono dwa alternatywne warianty.

2. Pierwszy wariant pozwala stwierdzić, że dojrzałość termiczna ukształtowała się w późnym karbonie pod nakładem dodatkowych ok. 1500 m utworów górnokarbońskich, następnie erozyjnie usuniętych, oraz w warunkach

podwyższonego strumienia cieplnego, wynoszącego ok. 65 mW/m^2 .

3. Drugi wariant modelu, wskazany jako preferowany, zakłada, że dojrzałość termiczna ukształtowała się w późnej kredzie w warunkach strumienia cieplnego podwyższonego do około 75 mW/m^2 oraz przy dodatkowym generowaniu energii cieplnej w obrębie kompleksu utworów górnokredowych w ilości $200 \mu\text{W/m}^3$.