

przeгляд GEOLOGICZNY

Numer 4 (444)
KWIECIEŃ 1990
ROK XXXVIII

ORGAN PAŃSTWOWEJ SŁUŻBY GEOLOGICZNEJ

BRUCE HAROLD PURSER

Université Paris-Sud

SEDYMENTACJA W RYFCIE PÓLNOCNO-ZACHODNIEJ CZĘŚCI MORZA CZERWONEGO

UKD 551.23.1(620:267.33)

Znajomość budowy geologicznej basenów typu ryftowego jest ważna zarówno z naukowego, jak i ekonomicznego punktu widzenia, gdyż ryfty zawierają dużą ilość zasobów węglowodorów oraz znaczącą liczbę złóż siarczków metali. Morze Czerwone jest często cytowane jako typowy przykład ryftu, co sugeruje dobrą znajomość tego basenu sedymentacyjnego. Nie odpowiada to prawdzie. Choć ryft Morza Czerwonego jest dość dobrze poznany ze strukturalnego i geofizycznego punktu widzenia, to jednak jego osady są badane tylko lokalnie, głównie wzdłuż strefy osiowej i wzdłuż brzegu. Można żywić nadzieję, że taka sytuacja ulegnie zmianie dzięki stworzeniu nowej grupy badawczej zwanej „RED SEA”, obejmującej naukowców europejskich i arabskich, której celem jest uzyskanie lepszego ogólnego poglądu na temat ryftu Morza Czerwonego.

Niniejsza praca dotyczy północno-zachodniej, egipskiej części peryferycznej systemu ryftowego (ryc. 1) i powinna być traktowana jako studium lokalne, a – jako taka – niekoniecznie musi się odnosić do całego ryftu, którego ewolucja była prawdopodobnie asymetryczna i diachroniczna.

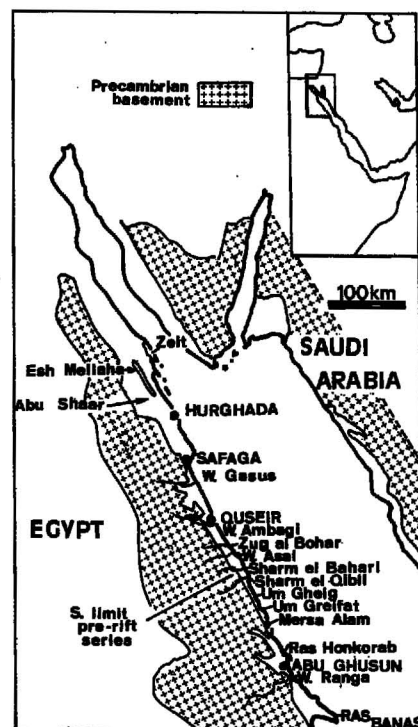
Osady synryftowe Egiptu obejmują co najmniej cztery główne jednostki litologiczne (grupy), z których każda reprezentuje wyraźnie wyodrębniony okres rozwoju ryftu (ryc. 2).

PROTORYFT – OSADY GRUPY A

Osady te, prawdopodobnie oligoceńskie, jak można sądzić z datowań K/Ar współwystępujących bazaltów, są związane z okresem powstawania kompresyjnych uskoków przesuwczych (strike-slip faulting), których kierunki były skośne (N 80°, N 120°) względem obecnej osi ryftu. Relief kontynentalny nie był taki wielki i utwory kontynentalne zostały osadzone we względnie płytkich, wydłużonych (skośnych) depresjach. Utwory te mają kilkadziesiąt metrów miąższości i obejmują mułowce równi powodziowych, osady playa, wypełnienia płytkich kanałów, składające się z nie wysortowanych zlepieńców

i piasków dostarczonych przez nagłe zalewy wskazujące na warunki półsuche. Czerwono zabarwione facje kontynentalne obejmują także lokalne pokrywy bazaltowe, których liczba rośnie ku południowo-wschodniej części Morza Czerwonego.

Najwyższe części utworów kontynentalnych są dotknięte wpływem licznych synsedymentacyjnych struktur deformacyjnych, obejmujących fałdy, brekcje i uskoki. Subhoryzontalne podłoże utworów, w jakich się je obserwuje, wskazuje że nie zostały one utworzone wyłącznie przez siłę grawitacji. Poprzedzają one większą zmianę



Ryc. 1. Mapa NW Morza Czerwonego, pokazująca badane odśrońcia

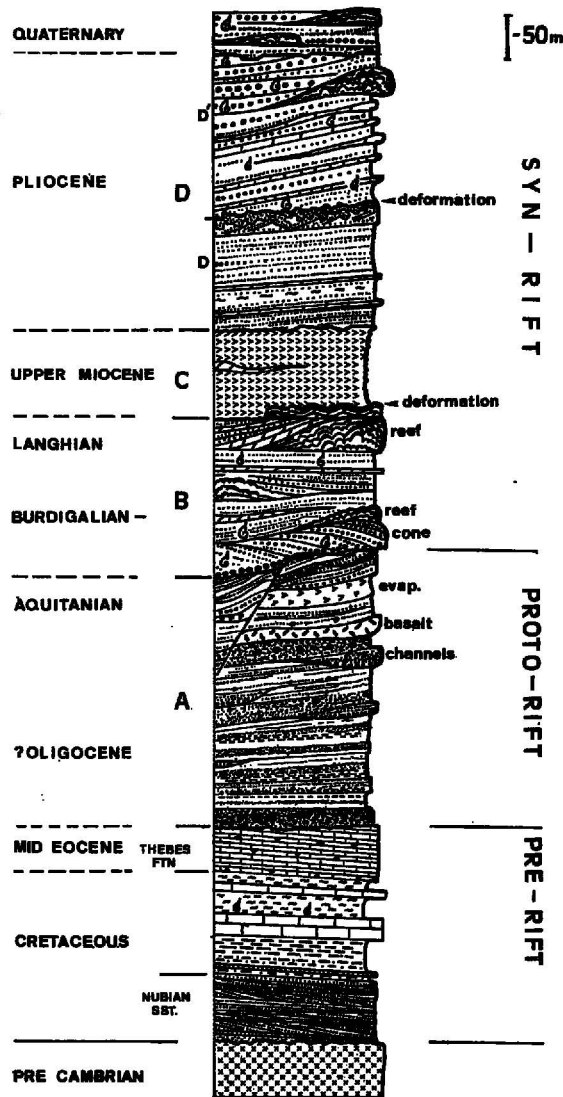
sedymencie i zostały zinterpretowane jako świadectwo szoków trzęsien ziemi („sejsmity”).

OSADY MORSKIE – GRUPA B

Po okresie sedymencie kontynentalnej w regionie północno-zachodnim Morza Czerwonego i Zatoki Sueskiej powstała sieć uskoków normalnych o kierunku NW–SE, co spowodowało wykształcenie się licznych zrębów i rowów zorientowanych równoległe do osi ryftu. Ta większa zmiana strukturalna zbiegła się z morską transgresją, w czasie której zostały złożone osady dolnego miocenu (akwitan-burdygau) w warunkach bardzo zróżnicowanego reliefu morfo-strukturalnego. Ta jednostka, o miąższości 100–200 m, obejmuje trzy główne typy facjalne:

1. Wypełnienia depresji. Obniżenia strukturalne (głównie półrowy) są wypełnione podmorskimi stożkami zlepnicowatymi o charakterystycznie nachylonym warstwowaniu. Niektóre stożki (delty typu gilbertowskiego) służyły jako podłoże dla raf, które rozwinęły się na pozytywnym reliefie stworzonym przez tę sedymencję grubo-siliko-klastyczną.

2. Stoki bloków wyniesionych. Składają się głównie

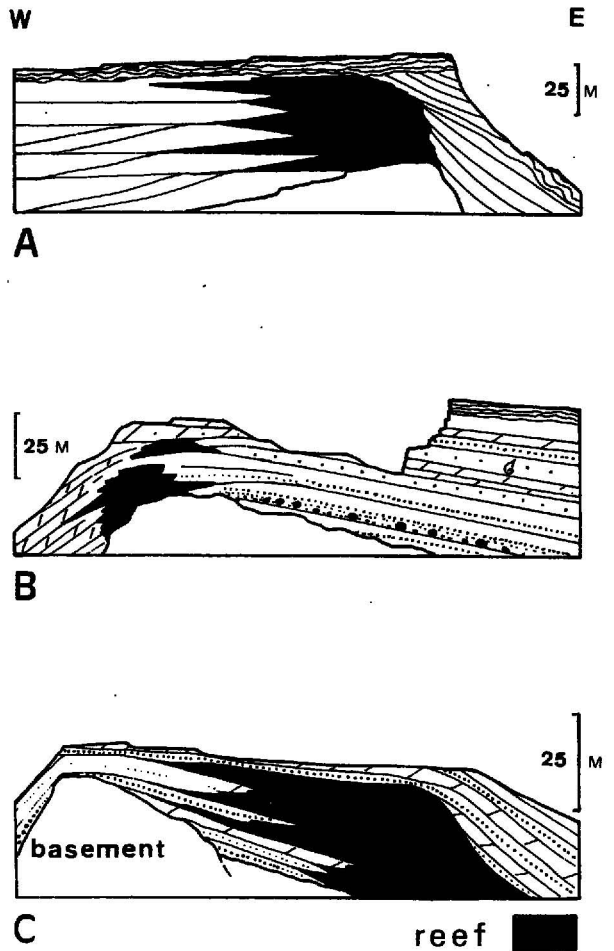


Ryc. 2. Zgeneralizowany profil stratygraficzny NW Morza Czerwonego, pokazujący główne synryftowe jednostki litologiczne

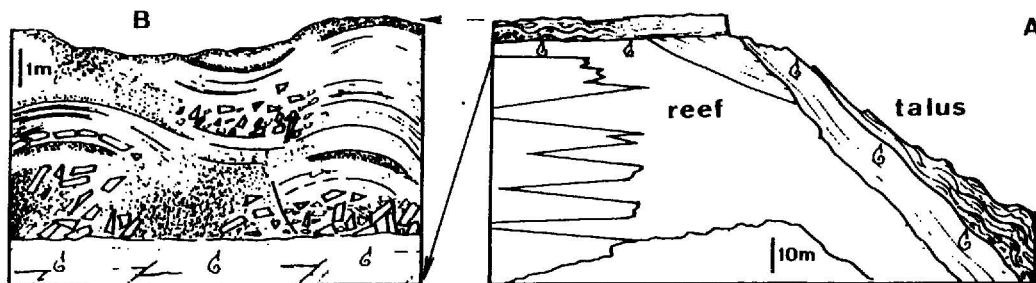
z detrytusu węglanowego powstałego na platformach. Te utwory talusowe, o miąższości co najmniej 100 m, nachylone pod kątem 20–40°, są spektakularnym i typowym elementem sedymencie w północno-zachodniej części Morza Czerwonego. Składają się one z osadów spływów kolizyjnych, dużych olistolitów rafowych, brekcji i dużych stromatolitów kopułowych, które rosły blisko podstawy stoku, na głębokości co najmniej 50 m. Obecność licznych geopetalnych wypełnień oraz korałów w pionowej pozycji wzrostowej wskazuje na to, że te silnie nachylone warstwy zostały tylko lekko dotknięte późniejszą tektoniką.

3. Osady platformowe. Górne części bloków strukturalnych były obszarami sedymencie węglanowej, która uległa progradacji lateralnej. Na końcową geometrię sedymenciejną duży wpływ miało wychylenie bloku strukturalnego ku krańcom ryftu lub ku jego osi. Topograficzna kulminacja bloku, z powodu jego pochylenia, była położona asymetrycznie względem całego bloku. Ten „punkt” był na ogół zajmowany przez rafy (ryc. 3), których detryt był osadzany na przyległym stoku. Lateralna progradacja, zwłaszcza na łagodnie pochyłonej górze strukturalnej, wyraziła się powstaniem przyzmy węglanowej zbudowanej z piasków pelletowych i bioklastycznych z częstymi stromatolitami kopułowymi. Dolne części platformy były obszarami przejść węglanowo-siliko-klastycznych.

Środkowomiocenne (grupa B) morskie węglany i si-



Ryc. 3. Schematyczne przekroje pokazujące związki pomiędzy rafami grupy B i blokami strukturalnymi; A – Abu Shaar, rafa rozwinięta na kulminacji, B – Wadi Sharm el Qibli, rafa zorientowana ku krańcom ryftu, C – Zug al Bohar, rafa u czoła bloku strukturalnego



Ryc. 4. Szkic pokazujący synsedymacyjne struktury deformacyjne w Abu Shaar. Występują one zarówno na stokach (A)

jak i na przyległych poziomach podłoża (B). Geneza tych struktur jest sejsmiczna

likoklastyki także wykazują liczne sejsmiczne struktury deformacyjne, które są szczególnie częste w górnej części omawianego kompleksu litologicznego (ryc. 4). Zaobserwowano gruby (25 m miąższości) laminit glonowy zdeformowany w megafałdy, których amplituda sięga 10 m. Fałdom tym towarzyszą brekcje, liczne małe synsedymacyjne uskoki odwrócone i inne cechy wskazujące na silną niestabilność sejsmiczną.

EWAPORATY ŚRODKOWOMIOCEŃSKIE – GRUPA C

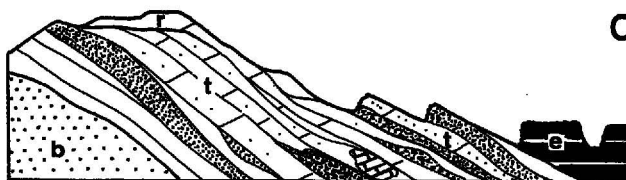
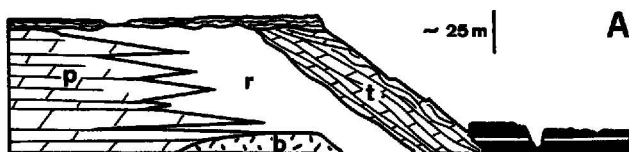
Morskie osady grupy B ulegają stopniowemu ograniczeniu w górnej części. Po zdeformowanych laminitach glonowych nastąpiła gruba seria ewaporatów, związana z regionalnym obniżeniem poziomu morza. Ewaporaty osiągają miąższość 2000 m w Zatoce Sueskiej i zostały osadzone w silnie obniżającej się osi ryftu. Są to zazwyczaj laminowane subakwalne siarczany z halitem, wytrącone w obrębie głębszych, środkowych części ryftu. Ewaporaty typu sebhy są rzadkie.

Blisko krańców ryftu (odsłonięcia) ewaporaty występują u czoła i około 50 m poniżej kulminacji poprzednich platform węglanowych (ryc. 5). Jest rzeczą interesującą, że te ewaporaty środkowomioceńskie nie zajmują takiej samej pozycji w obrębie sekwencji osadowej jak ewaporaty dolnej kredy ryftowego systemu peryatlantyckiego. Te drugie zostały osadzone przed fazą otwartomorską. Pozycja sekwencyjna ewaporatów Morza Czerwonego jest wyrażeniem głównie eustatycznego obniżenia poziomu morza, a nie ewolucji ryftu. Górna część jednostki ewaporatowej, podobnie jak w poprzednich jednostkach, wykazuje wiele zjawisk deformacyjnych (fałdy i brekcje).

SEDYMENTACJA PÓZNMIOCEŃSKA – WSPÓŁCZESNA

Ewaporaty środkowomioceńskie są niezgodnie przykryte grubym (1000 m) kompleksem węglanowo-silikoklastycznym, w którym gruboziarniste składniki terygeniczne wskazują na wyniesienie skraju ryftu. To wyniesienie było jednoczesne z subsydencją osi ryftu, a obecna suma reliefu wynosi średnio 3000 m (1500 m wysokości oraz 1500 m średniej głębokości w części osiowej). Materiał silikoklastyczny zazwyczaj grzebie wcześniejsze platformy strukturalne, chociaż młodsze (pliocenijskie) bloki mogą powstawać w kierunku strukturalnie młodszych, osiowych części ryftu.

Ten ważny poewaporatowy (pliocenijsko-czwartorzędowy) kompleks, który całkowicie wypełnił Zatokę Sueską, obejmuje dwie większe jednostki. Dolna jednostka – to drobnoziarniste silikoklastyki (piaski) z ograniczo-



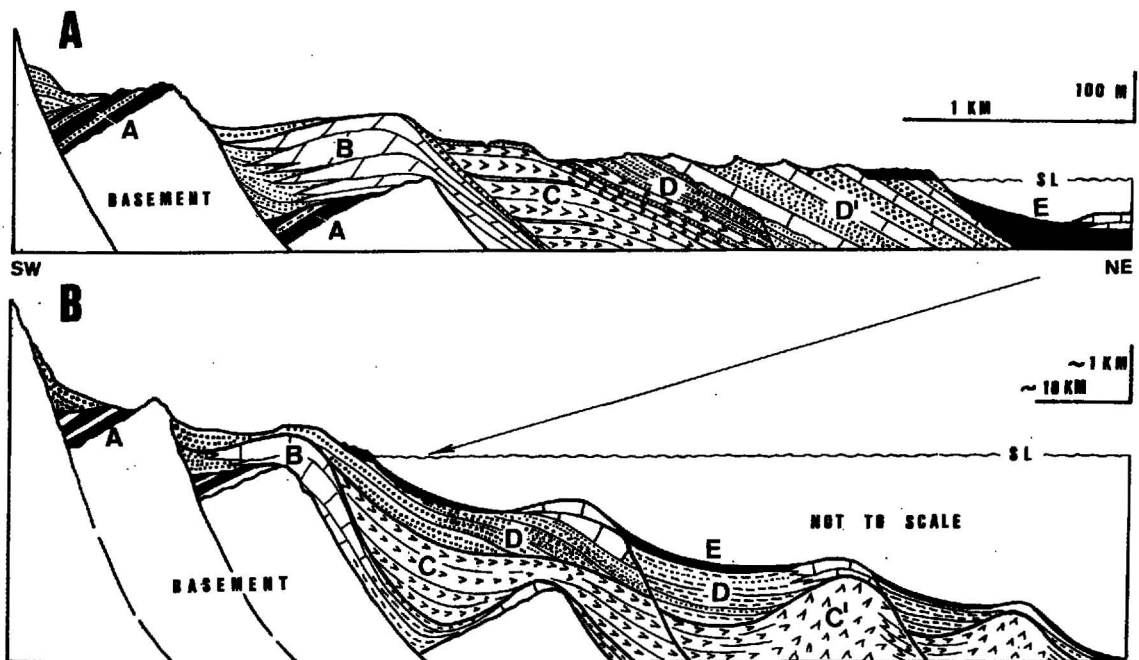
Ryc. 5. Schemat związków pomiędzy wczesnomioceńskimi otwartomorskimi węglanami grupy B i późnomioceńskimi ewaporatami (e) grupy C. Te ostatnie występują u czoła i topograficznie niżej niż wcześniejsze osady otwartego morza;

A – Abu Shaar, B – Quseir, C – Abu Ghusun, b – podłożo, p – platforma, r – rafa, t – talus

nomorską fauną. Jednostka ta kończy się warstwą deformacji, zawierającą wiele synsedymacyjnych uskoków i struktur z upłynięciem osadu; tak więc na granicy z wyżej leżącą jednostką nastąpiła ważna faza niestabilności sejsmicznej. Po niej osadziła się otwartomorska sekwencja konglomeratów i węglanów koralowo-glonowych, łącznie z wieloma ciałami rafowymi.

Osady pliocenijskie są lokalnie zdeformowane plastycznie przez ruchy ewaporatów mioceńskich, tworzących kopuły o średnicy do 5 km. Ich obecność wpływała na sedymentację pliocenijską; górne części niektórych kopuł były podłożem, na którym rozwinęły się soczewkowate ciała rafowe, podczas gdy zbocza są niezgodnie przykryte klastykami morskimi z częstymi drażnieniami *Ophiomorpha* (ryc. 6).

Sedymentację czwartorzędowo-współczesną charakteryzuje, w skali regionalnej, ważny gradient lateralny, będący wyrażeniem współczesnej morfologii ryftu, od peryferycznych raf i zlepieńców do pelagicznych margli części osiowej. Ta zmiana lateralna jest lokalnie przerywana obecnością licznych wyniesień i obniżen batymetrycznych, odzwierciedlających zatopienie wcześniejszych platform. Bliska asocjacja i szybkie zmiany od węglanów do silikoklastyków, będące typowym aspektem sedymentacji Morza Czerwonego, są uwarunkowane połączonym



Ryc. 6. Schematyczne przekroje pokazujące związki lateralne i pionowe pomiędzy osadami synryftowymi i ich szkieletem strukturalnym; A – przekrój oparty na badaniach terenowych; młodsze, plioceniczne osady (D) mają bardziej strome upady niż

osady starsze (miocen – grupa B) – ruchy tektoniczne migrują progresywnie od krańców ku osi otwierającego się systemu ryftowego; B – syntetyczny przekrój od krańców do osi ryftu (C₁ – ewaporaty w diapirach, E – czwartorzęd)

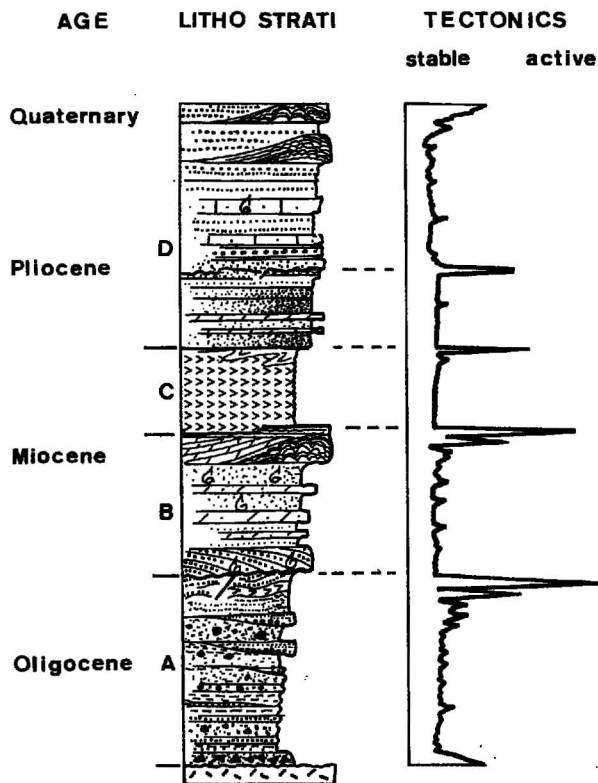
wpływem klimatu i tektoniki. Z jednej strony w warunkach suchego klimatu, z rzadkimi silnymi deszczami, w wyniku których odbywa się sporadyczna dostawa gruboziarnistych klastyków, później następuje raptowny powrót do nieterygenicznego sedymentacji węglanowej (w klimacie umiarkowanym lub wilgotnym umiarkowanym następuje duży dopływ ilu, niesionego przez bardziej stabilne mętne wody, nie sprzyjające wytwarzaniu węglanów). Z drugiej strony, szczególnie kontekst strukturalny ryftu, z licznymi wyniesionymi blokami i depresjami, sprzyja strukturalnemu wyłapywaniu klastyków w obniżeniach i rozwojowi węglanów na przyległych wyniesieniach.

DIAGENEZA

Węglały neogensko-współczesne ryftu Morza Czerwonego są zazwyczaj diagenetycznie zmodyfikowane w rezultacie sekwencji procesów: szeroko rozpowszechnionej cementacji, dolomityzacji, rozpuszczania i zastąpienia dolomitu przez siarczan. Te zmiany mineralogiczne, często wpływające na tę samą skałę, wskazują na podstawowe, powtarzające się zmiany składu chemicznego wody. Intensywność i różnorodność tych zmian można łatwo zrozumieć w kontekście ryftu: powstanie licznych strukturalnych wyniesień i obniż w naturalny sposób sprzyja rozwojowi różnych ciał wodnych, których zmienne zasolenie i gęstość, w połączeniu z pionowym reliefem, sprzyjają ruchowi hydrodynamicznemu i mieszaniu wód interstycjalnych. Aktywny bliskopowierzchniowy reżim diagenetyczny może być ważnym aspektem dynamiki wczesnego ryftu.

WNIOSKI

Główne jednostki litostratygraficzne w NW części ryftu Morza Czerwonego w jasny sposób wyrażają ewolucję morfostrukturalną basenu (ryc. 7). Z tego względu jednostki te nie są cyklami eustatycznymi w rozumieniu Vaila. Na ogół są one poprzedzone okresem intensywnej



Ryc. 7. Schemat związków pomiędzy głównymi jednostkami litologicznymi i fazami deformacji tektonicznej/sejsmicznej; litostratygrafia zależy przede wszystkim od tektoniki

aktywności sejsmicznej, która została stwierdzona w osadach w formie sejsmitowych struktur deformacyjnych.

Litologia i geometria jednostek sedymentacyjnych wskazują także na zmianę morfologii basenu: wczesne (mioceniczne) utworzenie bloków uskokowych, po którym nastąpiło pogłębienie osi ryftu i jednocześnie wyniesienie jego krańców.

Należy jednak podkreślić, że tektonika nie była jedynym czynnikiem określającym ewolucję osadową. To regionalne (eustatyczne) zmiany poziomu morza są głównym czynnikiem rządzącym powstaniem ewaporatów środkowego miocenu. Co więcej, klimat, podobnie jak we wszystkich basenach sedymentacyjnych, wydaje się odgrywać ważną rolę, zwłaszcza w powstaniu ścisłej asocjacji węglanów i silikoklastyków.

Jak już wspomniano, ewolucja tektono-stratygraficzna, przedstawiona w tym artykule, jest rezultatem badań bardzo ograniczonej, peryferycznej części systemu ryftowego Morza Czerwonego. Chociaż przypuszczalnie dotyczy ona także pozostałych części Morza Czerwonego, to jest bardzo prawdopodobne, że ewolucja całego

systemu ryftowego była bardziej zmienna. Ostatnio Cochran i in. (1988) zasugerowali, że otwarcie ryftu jest bardziej zaawansowane ku SE. Co więcej, płyta arabska przesuwa się względem obecnie stabilnej strony afrykańskiej. Dlatego też system ryftowy jest asymetryczny zarówno w pionie, jak i w poziomie. Ponadto ryft ten nie jest pojedynczy, lecz składa się z serii segmentów (być może oddzielonych od siebie uskokami transformacyjnymi).

Przyszłe badania sedymentologiczne i inne na obszarze Morza Czerwonego pozwolą na lepsze określenie tego wczesnego systemu ryftowego i w ten sposób dostarczą satysfakcjonującego modelu o ogólnym zastosowaniu.

Tłumaczył T. Peryt