

ROZWÓJ SEDYMENTACJI W ANGIELSKIM BASENIE CECHSZTYŃSKIM

UKD 551.736.3:552.53/.54:552.14"712.3"(261.266 wody E wybrzeża W. Bryt.)

Osady czerwonego spągowca w południowej części Morza Północnego, na wschód od Anglii, powstawały w dużym śródlądowym zbiorniku odwadniającym. Obecność miąższej serii ewaporatów w środkowej części tego zbiornika wskazuje na zasadnicze oddzielenie — na północy — od Oceanu Światowego i wydaje się prawdopodobne, że dno tego basenu znajdowało się dobrze poniżej ówczesnego poziomu morza. Inne możliwe zbiorniki położone poniżej poziomu morza znajdowały się na północ od rozległego obszaru wyniesionego (Mid-North Sea High), ciągnącego się od północnej Anglii i południowej Szkocji w kierunku Danii i łączącego się tam z Fynn-Ringkøbing High. Inne baseny leżały na południu i wschodzie i głównie były połączone ze sobą przez względne obniżenia, tworząc złożony łańcuch większych zagłębień topograficznych, które zostały zatopione podczas początkowej transgresji morza cechsztyńskiego. Sposób i szybkość transgresji są problemami spornymi, ale autor uważa, że była ona krańcowo szybka i nastąpiła po przerwaniu północnego brzegu łańcucha śródlądowych zbiorników odwadniających czerwonego spągowca. Ostatnie obliczenia sugerują, że zatopienie basenu cechsztyńskiego mogło nastąpić w okresie krótszym niż 20 lat, a głębokość morza w środkowej części basenu wyniosła 200 m lub więcej. Kontynuująca się subsydenca w głównych depocentrach okresowo prowadziła prawdopodobnie do wzrostu głębokości wody, kiedy sedymentacja była powolna, ale w innych okresach tempo depozycji osadów i powstawania ewaporatów znacznie przewyższało tempo subsydencji i basen był częściowo lub całkowicie wypełniany.

Podobnie jak w innych częściach morza cechsztyńskiego, utwory basenu angielskiego są silnie cykliczne. Na ładowej części zbiornika — w Anglii pn.-wsch. — wyróżnia się 4 główne cykle (ryc. 1); utwory piątego cyklu dotyczą obecnej linii brzegowej, ale w pełnym wykształceniu są stwierdzane w wierceniach na południowym Morzu Północnym, gdzie ponadto wyróżnia się inne, drobne cykle, z których część ciągnie się w wyżej leżącej sekwencji triasowej. Główna cykliczność może być powiązana z okresowymi zmianami poziomu morza, związanymi ze zlodowaceniami południowej półkuli, ale ponadto istnieje szereg drobnych cykli, część których stwierdza się w całym zbiorniku i te mogą być glacieustatyczne, gdy inne znajdowane

są tylko lokalnie i prawdopodobnie odzwierciedlają przyczyny lokalne, takie jak epizodyczna subsydenca. Głównym zmianom poziomu morza towarzyszyło zmniejszanie lub rozszerzanie się zasięgu zbiornika i, czasami, fazy subaeralnej erozji, rozpuszczania i przerabiania osadów powstałych uprzednio.

Każdy z czterech głównych cykli zaczyna się członem węglanowym, chociaż w czwartym cyklu jest on bardzo cienki i zanieczyszczoney. W Anglii skały węglanowe tworzą większość sekwencji cechsztyńskiej w pobliżu brzegu, gdzie okresami warunki były idealne dla powstawania morskich osadów węglanowych. Po każdym z czterech głównych poziomów węglanowych następują miąższe i rozległe ewaporaty siarczanowe, a w drugim, trzecim i czwartym cyklu także miąższe i rozległe sole kamienne i potasowe.

ŚWIAT ORGANICZNY

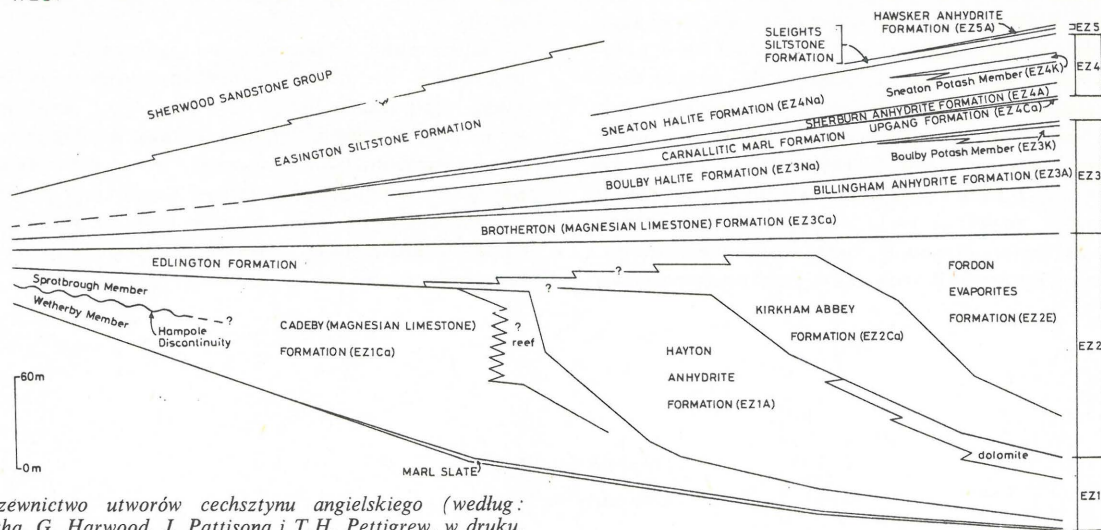
Świat organiczny stwierdzono wyłącznie w skałach węglanowych pierwszych trzech cykli, przy czym wykazuje on silne zubożenie ku górze (zob. artykuł T.H. Pettigrewa). Przyczyny tego zubożenia nie są znane, ale przypisywano je okresowo wzrastającemu zasoleniu. Obecność rozległych ewaporatów w późniejszych częściach każdego z głównych cykli jest rzeczywiście dowodem na podniesienie zasolenia po depozycji utworów węglanowych i jest możliwe, że zasolenie wód cechsztyńskich mogło ulec względnemu podwyższeniu na początku drugiego i trzeciego cyklu przez rozpuszczenie górnej części soli z poprzedniego cyklu w centralnej części zbiornika. Oprócz faz wysokiego zasolenia istniały także fazy wysłodzenia wód, zwłaszcza w brzeżnej części zbiornika, co także mogło prowadzić do lokalnego zubożenia organizmów; świadczą o tym otrzymane ostatnio dane izotopowe.

PIERWSZY CYKL ANGIELSKIEGO CECHSZTYNU

Utwory tego cyklu są najbardziej zróżnicowane ze wszystkich utworów angielskiego cechsztynu. Tworzą one duży klin skał węglanowych o miąższości do 200 m, reprezentujący szelf brzeżny o szerokości do 50 km w niektórych rejonach wschodniej Anglii. Na rozmieszczenie i facje najwcześniejszych osadów węglanowych w dużym stopniu

WEST

EAST



Nowe nazewnictwo utworów cechsztynu angielskiego (według: D.B. Smitha, G. Harwood, J. Pattisona i T.H. Pettigrew, w druku, z małymi zmianami)

oddziaływała odziedziczona topografia, na którą wkraczało morze, i występowanie osadu inicjalnego – cienkiego węglatego wapienia i dolomitu nazywanego Marl Slate (= łupek miedzionośny) – jest ograniczone do ciemnych, głębokich części dna zbiornika; nigdzie nie stwierdzono bezpośredniego zastępowania utworów Marl Slate przez wysokoenergetyczne skały węglanowe powstałe blisko brzegu. Dolne części Marl Slate zawierają obfity węgiel, ale nawet w niewielkich odsłonięciach widać, że są one pokryte mniej węglistymi utworami wyższej części Marl Slate. Analiza organizmów występujących w Marl Slate podtrzymuje hipotezę, że Marl Slate to głównie osad dna zbiornika, chociaż miejscami zbliżał się on do brzegów zbiornika, zwłaszcza tych ostro uciętych. Na rozwiązanie czeka paradoks, dlaczego początkowy osad nowo utworzonego morskiego zbiornika tropikalnego powstał w warunkach stagnacyjnych, ale na rozważenie zasługuje sugestia, iż wysoka wczesna produktywność mogła szybko doprowadzić do autoeutrofizmu. O podobnej stagnacji wnioskowano na podstawie analiz izotopowych innych basenów późnopermskich i, jak się wydaje, poprzez większość czasu trwania morza cechsztynskiego i innych współczesnych mu zbiorników poziom tlenu był poniżej normalnego. Nie publikowane wyniki badań izotopowych angielskiego cechsztynu wydają się sugerować, że nawet węglany szelfowe i skały rafowe tworzyły się w wodach nadzwyczaj zubożonych w tlen.

Pozostałe skały węglanowe cyklu pierwszego są dzielone geograficznie na prowincję Durham na północy oraz prowincję Yorkshire, oddzielone względnie wyniesionym pasem ciągnącym się z zachodu na wschód, znanym jako wyniesienie Cleveland. Niewiele wiadomo o cechsztynskich skałach węglanowych na tym wyniesieniu, ale na północ i południe od niego można wydzielić dwa podcykle, które w prowincji Yorkshire oddzielone są powierzchnią emersyjną. Skały węglanowe pierwszego podcyklu obejmują cały wachlarz typów skał. Na południu prowincji Yorkshire występują zailone muły węglanowe powstałe w środowiskach niskoenergetycznych, w środkowej części prowincji Yorkshire – wyżej energetyczne ooidowe greinstony, łącznie z setkami raf kępkowych i bardzo rozległe osady stoku, obejmujące głównie mułowe skały węglanowe z ograniczonym światłem organicznym. W niektórych miejscach blisko południa prowincji Yorkshire obecność rozległych piaszczystych skał węglanowych wskazuje na

większe okresowe prądy. Spływanie ku górze jest szczególnie dobrze zmanifestowane w ooidowych greinstonach prowincji Yorkshire, gdzie w ich stropie występuje powierzchnia emersyjna (Hampole Beds), która – jak się uważa – jest związana ze spadkiem poziomu morza co najmniej o kilka metrów.

Skały drugiego podcyklu są odmiennie wykształcone w obu prowincjach. W prowincji Durham występuje duża liniowa rafa związana z krawędzią szelfu. Oddziela ona rozległy szelf (i później lagunę) od wygłodzonego* lub częściowo wygłodzonego dna basenu. W prowincji Yorkshire nie stwierdzono takiej rafy, natomiast szczególne ooidowe fale piaszkowe wydają się zajmować podobne położenie (krawędź szelfu) pomiędzy szerokim pasem niskoenergetycznych oolitów i skał drobnoziarnistych (głównie peletowych) a słabo poznaną prawdopodobną facją stoku, którą – jak się uważa – tworzą głównie peletowe muły węglanowe. Rozległa sebhya oolitów algowo-laminowanych utworzyła się pod koniec sedimentacji osadów szelfowych. Być może ich odpowiednikiem czasowym jest cienka i bardzo charakterystyczna warstwa onkoidów i drobnych kolumnkowych strómatolitów algowych, szeroko rozprzestrzeniona na dnie basenu. Utwór taki – Trow Point Bed – posiada, jak obecnie wiadomo, odpowiedniki w Polsce i Niemczech, a ponadto został stwierdzony w kilku częściach facji basenowej na Morzu Północnym. Ewaporaty cyklu pierwszego obejmują anhydryt z Hartlepool (w Yorkshire – anhydryt z Hayton), który osiąga maksymalną miąższość na lądzie (około 160 m), w kierunku Morza Północnego zaś miąższość znacznie się zwiększa i miejscami przekracza 200 m. Anhydryt ten jest bardzo drobnoziarnistym jednolitym utworem, zawierającym rozproszoną siatkę drobnych żyłek dolomitu, które rzadko stanowią więcej niż 1% skały. Tworzy on pas, zazwyczaj o szerokości 5–15 km, położony po dolądowej stronie rafy cyklu pierwszego (i jej odpowiednika w Yorkshire). Zaburzająca tekstura anhydrytu z Hartlepool (i jego odpowiednika) była interpretowana w kategoriach depozycji sebhya, ale jednolita litologia, brak cykli sebhya i znaczna miąższość mogą budzić wątpliwości co do takiej interpretacji. Anhydryt z dna basenu jest cienki i częściowo drobno laminowany.

* Termin „wygłodzony basen” został zaproponowany przez L. Antonowicza jako polski odpowiednik terminu „starved basin”

DRUGI CYKL ANGIELSKIEGO CECHSZTYNU

Skały węglanowe tego cyklu obejmują brzeżny pas o szerokości do 30 km i cienkie, głównie laminowane utwory dna basenu. Skały tego cyklu nie odsłaniają się w Yorkshire, gdyż ich miejsce zostało zajęte przez przewarstwiające się klastyczne mułowce, iłowce, piaskowce i ewaporaty (Middle Marls). Brzeżne skały tego cyklu są reprezentowane przez (1) płytkowodne greinstony ooidowe, które są szczególnie dobrze odsłonięte na północy prowincji Durham, gdzie osadziły się na płaskim stropie anhydrytu cyklu pierwszego oraz (2) fację stoku i basenu, obejmującą głównie drobnolaminowane dolomity, tworzące dobrze znaną formację Concretionary Limestone. Formacja ta to ogniwo łączące płytkowodne oolity szelfowe oraz sapropelowe laminity dna basenu, jest ona mieszaniną laminatów, ciągnących się od dna basenu w górę krawędzi szelfu, przewarstwianych ze zmiennym udziałem gruboziarnistych skał węglanowych, które obejmują wiele warstw o uziarnieniu frakcjonalnym i które wydają się być produktem ruchów masowych na stoku. Concretionary Limestone zawiera cały wachlarz dziwacznych konkrecji kalcytowych, powstałych w rezultacie dedolomityzacji, jednakże już prace z początków tego stulecia sugerują, że ogólny skład skały pozostał niezmienny w trakcie tego procesu; w rezultacie proces ten był segregacją przednio bardziej równomiernie rozmieszczonych składników kalcytowych i magnezowych. Sekwencja Concretionary Limestone jest zróżnicowana szczególnymi zjawiskami osuwisk, w tym głębokimi kanałami oraz nasuniętymi blokami.

W odsłonięciach w prowincji Durham, Concretionary Limestone uległ rozległemu osiadananiu i brekcjowaniu w wyniku rozpuszczania niżej występującego anhydrytu cyklu pierwszego i niższa niekonkrecyjna część osiadłej formacji uległa intensywnej wtórnej dedolomityzacji; jak się wydaje, osiadananie miało miejsce w trzeciorzędzie.

Ewaporaty cyklu drugiego mają największą miąższość w sekwencji angielskiego cechsztynu, podobnie jak to się obserwuje w całym zbiorniku. W obszarach brzeżnych, najbliższych stoku skał węglanowych cyklu drugiego, obejmują one zazwyczaj anhydryt i polihalit z pewną ilością przewarstwień węglanowych, ale większość wyższej części sekwencji i prawie cały obszar centrum zbiornika obejmują nadzwyczaj miąższe osady halitowe (Fordon Evaporites). Wyróżniono w ich obrębie kilka podcykli i wystąpiono z twierdzeniem, że te podcykle wskazują na progradację szelfów brzeżnych w kierunku basenu. Drobnolaminowany anhydryt dna basenu jest uważany za odpowiednik tych miąższych progradujących szelfów, ale powiązanie to jest słabo udokumentowane.

W odsłonięciach w prowincji Durham wszystko, co pozostało z ewaporatów cyklu drugiego, to efektywnie pofałdowane reziduum o miąższości do 9 m. Powstanie miąższych soli cyklu drugiego zakończyło prawie zapełnienie pierwotnego topograficznego zagłębienia i wobec tego przestrzeń dla późniejszych osadów cechsztyńskich basenu angielskiego musiała być stworzona później albo przez podniesienie poziomu morza, albo późniejszą subsydencję. Jak się wydaje, subsydencja pozostawała epizodyczna, z lekką rotacją wokół brzegów, które najwidoczniej leżały blisko pozycji obecnego zachodniego brzegu odsłoneń cyklu pierwszego.

TRZECI CYKL ANGIELSKIEGO CECHSZTYNU

W związku z faktycznym wypełnieniem pierwotnego basenu i wyeliminowaniem topografii, depozycja w cyklach

trzecim i czwartym była znacznie bardziej jednolita niż w cyklach pierwszym i drugim, środowiska szelfowe były zatem dużo mniej urozmaicone. Skały cyklu trzeciego zbliżone są do idealnego cyklu ewaporatowego i obejmują szeroki klin skał węglanowych o miąższości do 60 m, rozległą i względnie jednolitą formację anhydrytową i miąższą sekwencję halitową, która przechodzi ku górze w rozległe, eksploatowane osady potasonośne. Miąższość poszczególnych warstw skał węglanowych zwiększa się ku wschodowi i skały te zawierają uderzająco jednolitą płytkowodną sekwencję peletowych mułów węglanowych z ograniczoną fauną małżową. Laminity algowe, lokalnie z zaburzającym anhydrytem, są powszechne na stropowej części serii węglanowej. Następujący po niej anhydryt wykazuje cały wachlarz tekstur depozycyjnych, ale wydaje się być głównie osadem sebhya.

W wielu miejscach można wyróżnić oddzielne cykle sebhya, zazwyczaj o miąższości 30 do 60 cm, ale sekwencja ta lokalnie zawiera także osady przerobionego klastycznego anhydrytu oraz inne warstwy, które mogą być pierwotnym precypitatem anhydrytowym lub gipsowym, powstałym w płytkiej wodzie. Matriks anhydrytu cyklu trzeciego to głównie drobnziarnisty dolomit, często algowo-laminowany, ale w paru miejscach blisko brzegów zbiornika matriks tworzą czerwone lub szare mułowce. Halit cyklu trzeciego jest zazwyczaj względnie jednolity i czysty, chociaż w dolnych warstwach występują liczne laminity i cienkie warstwy anhydrytu laminowanego. Pomiędzy wieloma z takich warstw halit tworzy pseudomorfozy po kryształach gipsu włóknisto-promienistego. Takie pseudomorfozy nie występują w środkowej i górnej części sekwencji, zaś większość halitu jest tam grubokrystaliczna i najwyraźniej uległa znacznej rekrytalizacji. Poligony z wysychania stwierdzono w górnej części serii halitowej w kopalni soli potasowej Boulby w północnym Yorkshire; świadczą one o co najmniej jednej fazie subaeralnego wynurzenia. Seria solna prawdopodobnie powstała na i w obrębie równi solnej. Sylwinit o miąższości do 9 m jest rozprzestrzeniony we wschodnich rejonach wybrzeża, natomiast ku wschodowi, ku centrum zbiornika, zwiększa się jego miąższość i miejscami stanowi do połowy serii chlorkowej cyklu trzeciego. Miąższość sylwinitu jest krańcowo zmienna, głównie z powodu ostrych diagenetycznych zmian lateralnych oraz plastycznego płynięcia; ponadto miejscami trudno jest oddzielić prawdziwy sylwinit od wzbogaconej w sylwinit bazalnej strefy wyżej leżącej formacji.

CARNALLITIC MARL

Skały trzeciego i czwartego cyklu sekwencji angielskiego cechsztynu są rozdzielone rozległą formacją zazwyczaj czerwono-brązowego mułowca z dużą zawartością halitu, a w brzeżnych rejonach północnego Yorkshire także bogatego w interstycjalny karnalit. Najniższa część formacji na obszarze kopalni Boulby jest tak bogata w sylwin, że lokalnie jest eksploatowana jako utwór potasonośny. Minerale potasowe zanikają ku zachodowi, gdzie jedynymi występującymi powszechnie minerałami ewaporatowymi są halit i – rzadziej – anhydryt i gips. Najniższa i najwyższa część Carnallitic Marl (oraz jego odpowiedników) jest zazwyczaj zielonoszarej barwy.

CZWARTY CYKL ANGIELSKIEGO CECHSZTYNU

Skały tego cyklu to cienki zanieczyszczony bazalny człon węglanowy, bardzo stały, ale zazwyczaj cienki człon

siarczanowy i rozprzestrzeniony gruby człon halitowy zawierający w części środkowej sole potasowe; chociaż występują one na większej części zbiornika, to na lądzie brytyjskim obserwuje się tylko cienki pas wzdłuż wybrzeża północnego Yorkshire.

Bazalna formacja węglanowa cyklu czwartego, ma zazwyczaj poniżej 1 m miąższości i jest jednostką przejściową pomiędzy niżej leżącymi czerwonymi mułowcami a wyżej leżącym anhydrytem. Często węglany te są magnezytowe i dotychczas nie stwierdzono w nich fauny morskiej. Wyżej leżący anhydryt cyklu czwartego ma tylko kilka metrów miąższości na lądzie, ale ku wschodowi zwiększa swą miąższość do około 11 m, zanim stopniowo scienieje w kierunku dna zbiornika, gdzie tworzy pokład o miąższości tylko 1 lub 2 m. W rdzeniach wiertniczych stwierdzono obecność licznych włóknisto-promienistych pseudomorfoz anhydrytu, halitu lub sylwinu, które są zazwyczaj podobne do pseudomorfoz znalezionych w anhydrycie pegmatytowym. Anhydryt czwartego cyklu został prawdopodobnie osadzony w płytkiej na ogół wodzie i brak jest niedwuznacznego dowodu na istnienie faz subaeralnego odsłonięcia. Wtórne zanieczyszczenie anhydrytu cyklu czwartego przez rinneit obserwowano lokalnie tam, gdzie w niżej leżącym halicie występują minerały potasowe.

Człon halitowy ewaporatów czwartego cyklu stwierdzono tylko w wąskim pasie wybrzeża w północnym Yorkshire; wszędzie indziej występuje reziduum z rozpuszczenia. Wyróżnia się dwie główne jednostki: dolną, która składa się głównie z halitu podobnego do występującego w niżej leżącej sekwencji trzeciego cyklu i górną, o po-

dobnej miąższości, zawierającą zmienną zawartość czerwonego ilu i mułu terygenicznego. Na obszarze wokół Whitby występują w najwyższej części dolnej jednostki bogate osady sylwinitowe; zazwyczaj są tam obecne trzy (lub więcej) warstwy bogate w sylwin.

SLEIGHTS SILTSTONE

Jest to czerwono-brązowa formacja mułowca, zazwyczaj o miąższości tylko 2–4 m, oddzielająca ewaporaty cyklów: czwartego i piątego. Jest ona litologicznie podobna do Carnallitic Marl i obfituje w anhydryt i halit.

PIĄTY CYKL ANGIELSKIEGO CECHSZTYNU I MŁODSZE EWAPORATY

W niektórych częściach północnego Yorkshire występuje warstwa lekko hematytowego anhydrytu cyklu piątego. Anhydryt, niewyraźnie laminowany, osiąga 1 m miąższości. Warstwa ta zwiększa stopniowo swoją miąższość ku wschodowi i w centrum zbiornika, na obszarze Morza Północnego, towarzyszy jej na ogół kilka metrów halitu i następna warstwa anhydrytu. Skały ewaporatowe piątego cyklu są konwencjonalnie traktowane za koniec sekwencji cechsztyńskiej, ale w zbiorniku są one przykryte kilkoma innymi soczewkowatymi warstwami ewaporatowymi (głównie jest to anhydryt), które najwidoczniej związane są z cechsztynem pomimo ich możliwego wieku triasowego.

thum. T. Peryt