

Budowle serpulowo-mikrobialitowe sarmatu na Roztoczu: niezwykle joint-venture

Marek Jasionowski*

Sarmackie „rafy serpulowe” Roztocza są znane od dawna (zob. Areń, 1962; Krach, 1962; Bielecka, 1967), jednak dopiero Liszkowski i Muchowski (1969) zauważyli, iż obok serpul i innych organizmów szkieletowych występują w nich mikrytowe i peloidowe osady kryptoalagowe, czyli — we współczesnej terminologii — mikrobiality (zob. Burne & Moore, 1987). Pisera (1978) stwierdził, że osady kryptoalagowe są dominującym składnikiem tych raf, serpule zaś podrzędnym i określił te budowle węglanowe mianem „raf serpulowo-kryptoalagowych”. Wreszcie Liszkowski (1989) zaliczył je do kategorii kopców mułowych (*mud-mounds*) i kopców rafowych (*reef mounds*). W tej publikacji używane będzie bardziej ogólne określenie: budowle serpulowo-mikrobialitowe.

Budowle węglanowe tworzone przez mikrobiality występowały w wielu okresach geologicznych — zwłaszcza w paleozoiku, nie są znane tylko — poza pewnymi szczególnymi przypadkami — w osadach kenozoicznych i w środowiskach współczesnych (Bosence & Bridges, 1995), a ich geneza jest ciągle dyskutowana (zob. Monty, 1995; Pratt, 1995; Reitner i Neuweiler, 1995). W budowlach tych mogą występować różne wielokomórkowe organizmy szkieletowe, w tym i serpulidy, które jednakże — inaczej niż w omawianych w tym artykule budowlach sarmackich Roztocza — nie odgrywają zwykle istotnego znaczenia konstrukcyjnego. W tym kontekście budowle serpulowo-mikrobialitowe Roztocza wydają się być — biorąc pod uwagę pozycję stratygraficzną i wykształcenie facjalne — utworem unikalnym, a wyjaśnienie ich genezy może mieć niezwykle istotne znaczenie dla rekonstrukcji środowisk sedymentacji sarmackiej w zapadlisku przedkarpackim.

Sytuacja geologiczna

Na obszarze Roztocza odsłaniają się głównie węglano-osady miocenu, które tworzyły się w północnej strefie brzeżnej zapadliska przedkarpackiego (ryc. 1). Od południa występowanie tych osadów jest ograniczone strefą uskokową, w której zrzuconym skrzydle, występują w głównie ilaste osady basenowe. Sarmackie budowle serpulowo-mikrobialitowe wraz z towarzyszącymi bioklastycznymi i ooidowymi greinstonami spoczywają na górnobadeńskich, przeważnie krasnorostowych wapieniach organodetrytycznych i rafowych (ryc. 2).

Wskutek późniejszej erozji osady sarmackie na Roztoczu są zachowane fragmentarycznie, utrudniając stworzenie wiarygodnych rekonstrukcji facjalnych i paleogeograficznych. Budowle serpulowo-mikrobialitowe, tak jak inne osady sarmackie występują tylko w zachodniej części Roztocza — w pasie szerokości kilkunastu i długości ok. 70 km ciągnącym się od doliny Wisły na zachodzie do miejscowości Hedwiżyn na wschodzie (Musiał, 1986). Budowle ze względu na większą niż wapienie organodetrytyczne odporność na erozję zachowały się — zwłaszcza w zachodniej części obszaru swego występowania — stosunkowo dobrze i tworzą w obecnej morfologii izolowane wyniesienia (ryc.

1) o miąższości od kilku do 20 m (Musiał, 1986). Utwory te badano w kilku odsłonięciach, część z nich to nieeksploatowane obecnie duże kamieniołomy takie jak: Łysaków, Potoczek i Kamienna Góra, a część małe, czynne łomy gospodarskie, m.in. Radna Góra, Wierzychowska (zob. ryc. 1).

Charakterystyka petrograficzna

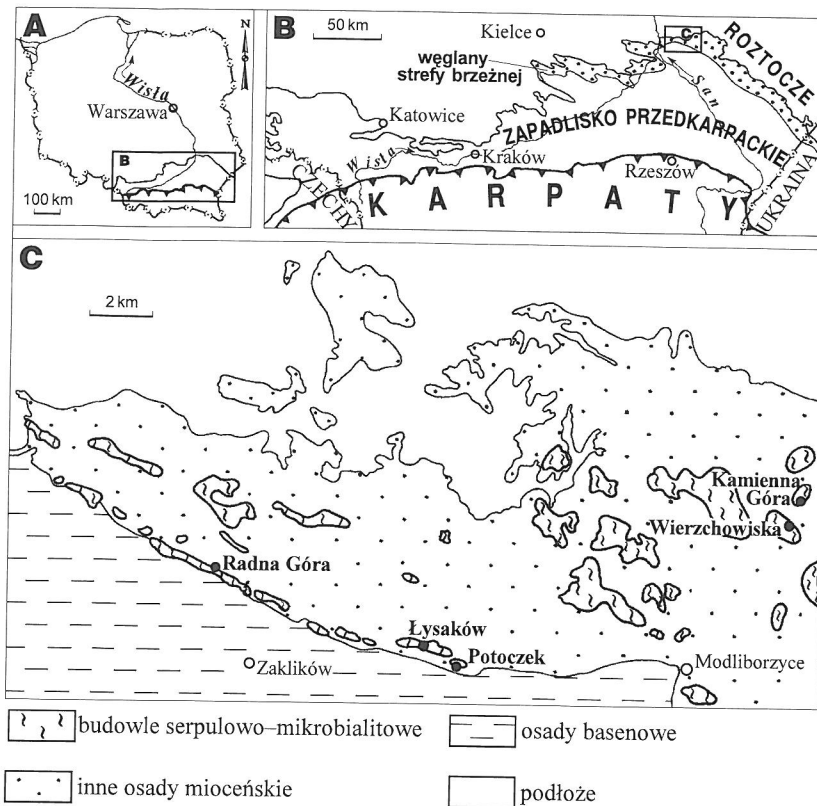
Obserwacje makroskopowe pokazują, że zasadniczą masę budowli serpulowo-mikrobialitowych stanowi silnie porowaty pelitowy wapień (ryc. 3) zawierający rozproszone rurki serpul, zajmujące kilka procent objętości skały; lokalnie obok lub zamiast serpul występują szkielety gałązkowatych mszywiół. Inne odmiany facjalne odgrywają rolę podrzędną. Należą tutaj przede wszystkim stromatolity (czyli laminowane mikrobiality), które tworzą lateralnie rozległe i stosunkowo cienkie (zwykle do kilkunastu cm) przewarstwienia (ryc. 3) oraz bardzo cienkie (zwykle 1 cm, maksymalnie do kilku centymetrów grubości), wyraźnie zdefiniowane powłoki budowane przez inkrustujące krasnorosty oraz otwornice.

Porowaty wapień — główna facja budowli sarmackich Roztocza może być określony jako bandston serpulowo-mikrobialitowy. Jest on budowany przez charakteryzujące się zróżnicowaną geometrią i strukturą wewnętrzną mikrobiality, które narastają na szkieletach serpul i mszywiół (ryc. 4). Mikrobiality te są zbudowane z osadów mikrytowych wykazujących generalnie dwa typy mikrostruktur. Rzadziej spotyka się nieregularne naskorupienia i powłoki delikatnie laminowanego zbitego mikrytu, częstsze są natomiast osady mające mikrostrukturę peloidową lub gruzełkową (ryc. 5, 6); ta ostatnia (mikrostruktura gruzełkowa — *clotted fabric*) charakteryzuje się obecnością małych (zwykle kilkadziesiąt mikrometrów wielkości) i nieregularnych („rozmytych”) peloidów scementowanych wczesnymi mikrosparytowymi cementami (ryc. 7). Ponadto w mikrobialitach obserwuje się niekiedy wydłużone ciała mikrytowe lub skupienia peloidów, które możnaby interpretować jako skalcyfikowane filamenty mikroorganizmów. Zarówno mikrostruktury peloidowe i gruzełkowe, jak i naskorupienia zbitego mikrytu są typowe dla mikrobialitów (zob. np. Monty, 1995; Pratt, 1995; Pickard, 1996) i zwykle uznawane — co zostało potwierdzone również eksperymentalnie (zob. Reitner, 1993) — za produkt indukowanej mikrobialnie precypitacji *in situ* węglanu wapnia w matach mikrobialnych i biofilmach.

Podsumowując, można stwierdzić, że mikrobiality wraz ze szkieletami serpul i mszywiół tworzyły synsedymen-tacyjnie zlitfikowany dzięki wczesnej cementacji szkielet (*framework*) budowli wykazujący zwykle dużą pierwotną (wzrostową) porowatość. Kawerny wzrostowe oraz pory wewnętrznskieletowe (głównie wnętrza rurek serpul) są wypełnione częściowo lub całkowicie osadami wewnętrznymi i sparytowymi cementami kalcytowymi.

Osady wewnętrzne to zazwyczaj geopetalne greinstony peloidowe, a rzadziej madstony, które niekiedy zawierają nieliczne drobne ziarna kwarcu detrytycznego, bioklasty oraz szkielety mikroorganizmów (otwornice bentoniczne, małżoraczki). Większość peloidów wchodzących w skład

*Państwowy Instytut Geologiczny, ul. Rakowiecka 4, 00-975 Warszawa



Ryc. 1. Mapa geologiczna zachodniej części Roztocza (wg Bieleckiej, 1967 — uproszczone i zmienione)

precypitacją in situ indukowaną mikrobalnie (np. w związku z rozkładem materii organicznej zdeponowanej na dnie kawerny).

Cementy w budowlach serpulowo-mikrobalitowych — jak stwierdził Pisera (1978) — należą do dwu generacji: są to wcześniejsze cementy włókniste — synsedymacyjne oraz późniejsze blokowe — meteoryczne (ryc. 6, 7).

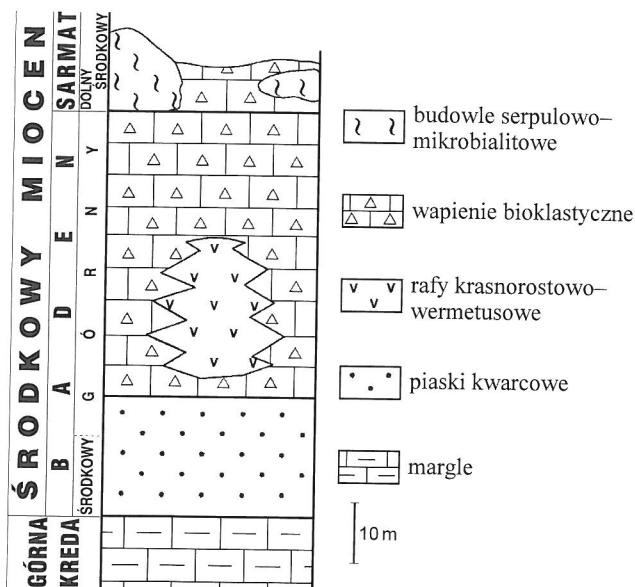
Mechanizm wzrostu

Sarmackie budowle węglanowe Roztocza są produktem swoistego joint-venture organizmów szkieletowych — głównie serpul i podrzędnie mszywiolów oraz prawdopodobnie sinicowych — jak twierdzili Liszkowski i Muchowski (1969) — mat mikrobalnych. Rurki serpul i szkielety gałązkowych mszywiolów, choć objętościowo podrzędne miały istotny wpływ na wykształcenie facjalne tych budowli. Tworzyły one bowiem rodzaj delikatnego rusztowania, które było obrastane przez maty mikrobalne, na skutek kalcyfikacji przekształcone w synsedymacyjnie zlitfikowane mikrobality. Z drugiej strony powierzchnie mikrobalitów oferowały stabilne podłoże niezbędne dla osiedlających się larw serpul i mszywiolów. Szczegóły mechanizmu wzrostu nie są jasne do końca, lecz w rezultacie — dzięki

obecności organizmów szkieletowych — powstał sztywny szkielet o dużej pierwotnej porowatości wzrostowej, która stanowiła następnie przestrzeń precypitacji synsedymacyjnych cementów i depozycji osadów wewnętrznych. Ponadto dzięki obecności szybko przyrastających rurek serpul (nawet kilkanaście cm na miesiąc — zob. Ten Hove & van der Hurk, 1993) ogólne tempo wzrostu budowli serpulowo-mikrobalitowych było znacznie większe w porównaniu z tempem akrecji mikrobalitów, które osiąga zwykle kilkadziesiąt mikrometrów na rok (zob. Reitner, 1993).

We współczesnych środowiskach morskich serpulidy — jakkolwiek spotykane powszechnie — nie odgrywają istotnej roli. Masowo występują natomiast w niektórych zatokach, lagunach lub przybrzeżnych jeziorach o nienormalnym (obniżonym, podwyższonym lub zmiennym) zasoleniu budując kępy i ławice, określane czasem jako „rafy serpulowe” (Ten Hove & van der Hurk, 1993). Takie „rafy serpulowe” są zupełnie inaczej wykształcone niż budowle Roztocza i nie mogą być z nimi porównywane, aczkolwiek są znane przypadki porostania martwych „raf serpulowych” przez maty sinicowe (laguna Baffin Bay w Teksasie — Ten Hove & van der Hurk, 1993). Z drugiej strony serpule (a także mszywioly) mogą inkrustować powierzchnie zlitfikowanych stromatolitów, np. we współczesnych lagunach Australii (Bone & Vass, 1990) lub holocenckich Tunezji (Davaud i in., 1994). Serpulidy występują licznie także w chemosyntetycznych budowlach mikrobalitowych, których geneza jest związana z podmorskimi emanacjami metanu (zob. Clari i in., 1988; Beauchamp & Savard, 1992).

Podsumowując można stwierdzić, że występowanie asocjacji serpulowo-mikrobalitowej tworzącej budowle węglanowe o tak dużej miąższości i takim wykształceniu facjalnym, jak przedstawione tutaj sarmackie budowle Roztocza jest zjawiskiem unikalnym, i że budowle Roztocza nie



Ryc. 2. Profil litostratigraficzny osadów miocenu na Roztoczu (wg Pisery, 1985 i Musiała, 1986 — uproszczony)

osadów wewnętrznych można interpretować jako produkt mineralizacji luźnych cząstek materii organicznej (być może przy udziale bakterii — zob. Chafetz, 1985) znajdujących się w obrębie budowli — na jej powierzchni lub w zawieszaniu, które następnie zostały mechanicznie zdeponowane w kawernach lub w obniżeniach między strukturami mikrobalitowymi na powierzchni budowli. Niekiedy geopetalne peloidowe osady wewnętrzne mają mikrostrukturę gruzełkową (ryc. 6) — w tym wypadku można je uważać za tzw. precypitaty wewnętrzne (zob. Reid i in., 1990) i wiązać z



Ryc. 3. Porowaty wapień tworzący budowle serpulowo-mikrobialitowe; w środkowej części zdjęcia przewarstwienie stromatolitowe, Łysaków; fot. T. Peryt

mają ani współczesnych, ani — z wyjątkiem tego samego wieku prawdopodobnie identycznych utworów znanych w zapadlisku przedkarpackim na Ukrainie (Koroljuk, 1952) — kopalnych odpowiedników.

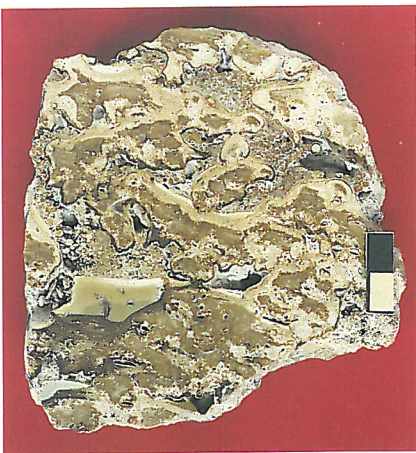
Budowle serpulowo-mikrobialitowe Roztocza ze względu na dominację osadów mikrytowych można zaliczyć, jak

uczynił to Liszkowski (1989), — do kategorii kopców mułowych; w myśl szerokiej definicji bowiem kopiec mułowy to budowla węglanowa składająca się głównie z mułu węglanowego lub mikrytu (Bosence & Bridges, 1995; Reitner & Neuweiler, 1995). Kopce, w których dominują tekstury i mikrostruktury mające genezę mikrobialną *in situ* (np. sinicową) określane są jako mikrobialne kopce mułowe (Bosence & Bridges, 1995). Sarmackie budowle Roztocza bez wątpienia odpowiadają powyższej definicji, dodatkowo jednak zawierają organizmy szkieletowe, głównie serpule, które spełniają — jak pokazano to wyżej — ważną rolę konstrukcyjną. Organizmy szkieletowe są spotykane w większości kopalnych kopców mułowych, ale zwykle odgrywają rolę podrzędną w konstrukcji budowli. Serpule — jeśli występują — są organizmem o charakterze inkrustującym, natomiast znacznie częstsze są takie organizmy, jak mszywioly, gąbki czy glony wapienne. Budowle węglanowe tworzone przez organizmy o delikatnych szkieletach określano bywają jako kopce szkieletowe (James & Bourque, 1992). Wydaje się, że budowle serpulowo-mikrobialitowe Roztocza można uznać za formę pośrednią między kopcami mikrobialnymi a szkieletowymi, gdyż ich wzrost był warunkowany zarówno przez kalcyfikujące mikroorganizmy, jak i organizmy szkieletowe (głównie serpule).

Środowisko sedymentacji

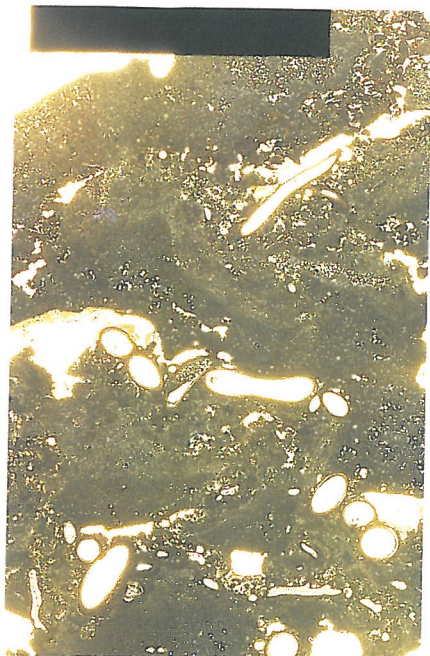
Nietypowe wykształcenie facjalne budowli serpulowo-mikrobialitowych Roztocza wskazuje — co podkreślali już wcześniejsi badacze (zob. np. Pisera, 1990), że ich rozwój miał miejsce w środowisku o anomalnym w porównaniu do warunków normalnomorskich chemizmie. Z jednej strony bardzo ubogi zespół skamieniałości świadczy, że wody w których osady te się tworzyły miały obniżone zasolenie, a z drugiej dominacja precypitów dowodzi, że musiały to być jednocześnie wody silnie przesycone w stosunku do węglanu wapnia.

Obniżone zasolenie dokumentowane ubogim składem taksonomicznym skamieniałości w osadach sarmatu (zob. Papp i in. 1974; Bagdsaryan, 1983) było związane z izolacją środkowej Paratetydy — której częścią jest zapadlisko przedkarpackie — od oceanu światowego (Rögl & Steininger, 1983). Uważa się, że rozwój budowli węglanowych typu kopców mułowych jest związany z nieobecnością i wynikającym stąd brakiem konkurencji masywnych organizmów szkieletowych o dużym potencjale wzrostu, takich jak np. rafotwórcze korale lub glony wapienne (zob. np. Reitner & Neuweiler, 1995). Sytuacja taka miała niewątpliwie miejsce w przypadku budowli serpulowo-mikrobialitowych Roztocza, dzięki czemu w strefie brzeżnej zapadliska przedkarpackiego



←

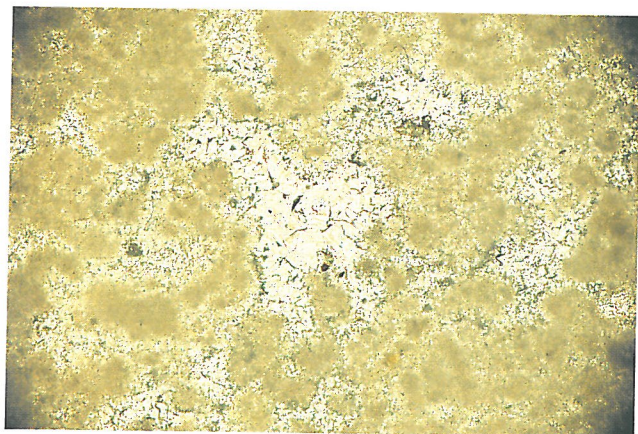
Ryc. 4. Bandston serpulowo-mikrobialitowy, różne odmiany: A (górna) — bardzo duża pierwotna porowatość wzrostowa wypełniona jest dwiema generacjami osadów wewnętrznych. Małe okrągłe „dziurki” to przekroje rurek serpul, Łysaków. B (dolna) — na rurkach serpulach narastają małe kolumnienki stromatolitowe; przestrzeń między kolumnienkami wypełnia laminowany geopetalny osad wewnętrzny, Wierzchowiska. C (prawa) — pierwotne kawerny wzrostowe wypełnione są cementami synsedymentacyjnymi (ciemnobrązowe obwódki) i osadami wewnętrznymi (białe), Łysaków; skala 2 cm; fot. 4–6 J. Modrzejewska



Ryc. 5. Mikrofotografia bandstonu serpułowo-mikrobiałitowego. Rurki serpuł są obrosnięte przez mikrytowe (zbite lub peloidowe) mikrobiałity, Łysaków; skala 1 cm



Ryc. 6. Mikrofotografia bandstonu serpułowo-mikrobiałitowego z mszywiolami (w środkowej części). Mikrobiałity ze zbitego lub peloidowego mikrytu narastają na szkieletach serpuł i mszywiolów. Szkielet mikrobiałitowo-serpułowo-mszywiolowy jest wypełniony peloidowymi geopetalnymi osadami wewnętrznymi, których część wykazuje wyraźną mikrostrukturę gruzełkową (kawerna na środku). Część porów wzrostowych oraz rurek serpuł wypełniona jest dwiema generacjami cementów: wcześniejszym synsedymacyjnym cementem włóknistym (szare obwódki) i późniejszym meteorycznym cementem blokowym, Łysaków; nikle skrzyżowane; skala 1 cm



Ryc. 7. *Clotted fabrics*, małe rozmyte peloidy otoczone są obwódką wczesnego cementu mikrosparytowego. Większe pory wypełnione są późniejszym cementem blokowym, Łysaków; szerokość zdjęcia wynosi 0,5 mm; fot. M. Jasionowski

rozwijają się biocenoza zdominowana przez maty mikrobiałne i oportunistyczne organizmy szkieletowe, wśród których dominowały serpulidy. Czy mikrobiałity utworzyły się dzięki fotosyntetycznym matom sinicowym, jak uważali to Liszkowski i Muchowski (1969) trudno jednoznacznie rozstrzygnąć, jednakże takie przesłanki, jak ogólna sytuacja paleogeograficzna (osady te tworzyły się w strefie brzeżnej basenu na badeńskiej platformie węglanowej, której osady składają się głównie z krasnorostów), a także sporadyczne występowanie krasnorostów w samych budowlach sarmackich zdają się za tym przemawiać.

Z drugiej strony jednak skład taksonomiczny organizmów (obecność niezależnych od światła serpuł, mszywiolów i otwornic inkrustujących) wskazuje na pewne podobieństwo do utworów tworzących się w środowiskach kryptycznych współczesnych raf koralowych (Reitner, 1993). Analogiami takich utworów mogą być niektóre kopalne, np. górnolurajskie kopce mułowe (zob. np. Reitner & Neuweiler, 1995). Utwory takie rozwijały się w strefie afotycznej w wodach głębszych, unikając konkurencji szybko rosnących organizmów płytkowodnych i były budowane przez nefotosyntetyczne maty mikrobiałne.

Wydaje się, że sarmackie budowle serpułowo-mikrobiałito-

we Rostocza rozwijały się w wodach strefy fotycznej, a z tego wynika, że fotosyntezujące maty sinicowe mogły być ich głównym elementem. Rozwój budowli Rostocza był warunkowany brakiem normalnomorskich szkieletowych organizmów w basenie zapadliska przedkarpackiego; pewną analogią może być tutaj sytuacja w czasie bezpośrednio po masowych wymieraniach np. we wczesnym karbonie (zob. Pickard, 1996), kiedy budowle mikrobiałitowe rozwijały się również w środowiskach płytkowodnych.

Niezbędnym warunkiem powstawania mikrobiałnych precypitatów jest silne przesylenie wód środowiska sedymentacyjnego w stosunku do węglanu wapnia (Kempe & Kaźmierczak, 1990). O takim przesyleniu wód sarmackich w czasie sedymtacji budowli serpułowo-mikrobiałitowych Rostocza świadczy obok występowania mikrobiałitów także obfitość cementów synsedymacyjnych oraz obecność ooidów w towarzyszących osadach detrytycznych. Współcześnie takie utwory występują w morzach o normalnym zasoleniu w strefie tropikalnej.

Jakie przyczyny spowodowały to, że mimo prawdopodobnie ogólnie obniżonego zasolenia, wody strefy marginalnej basenu sarmackiego na Rostoczu były przesycone w stosunku do węglanu wapnia, jest w tej chwili niejasne. Pisera (1990) sugerował, że wody basenu sarmackiego charakteryzowały się dużą alkalicznością. Reitner i Neuweiler (1995) podkreślają, że aby doszło do mikrobiałnej precypitacji węglanu wapnia, obok obecności specjalnej materii organicznej jest potrzebny wzrost alkaliczności, który w skali basenu może być związany ze stratyfikacją mas wodnych i dostarczaniem wód bogatych w węglany ze stref głębszych ku powierzchni. Można brać też pod uwagę przyczyny zewnętrzne w stosunku do basenu np. precypitację węglanu wapnia związaną z emanacjami metanowymi i chemosyntezą lub z dostawą wód nasyconych w węglany przez podwodne źródła jak ma to miejsce w niektórych współczesnych jeziorach. Weryfikacja tych hipotez wymaga badań geochemicznych, zwłaszcza izotopowych.

Praca przedstawia wyniki grantu KBN nr 6 P201 017 07 *Geneza raf serpułowych Rostocza*. Rysunki wykonała T. Dobroszycka.

L i t e r a t u r a

- AREN' B. 1962 — Pr. Inst. Geol., 30: 5–77.
- BAGDSARYAN K.G. 1983 — Paleont. Żurnał, 17: 1–9.
- BEAUCHAMP B. & SAVARD M. 1992 — Palaios, 7: 434–450.
- BIELECKA M. 1967 — Biul. Inst. Geol., 206: 117–170.
- BONE Y. & WAAS R.E. 1990 — Aust. J. Earth Sci., 37: 207–214.
- BOSENCE D.W.J. & BRIDGES P.H. 1995 — [W:] Monty C.L.V., Bosence D.W.J., Bridges P.H. & Pratt B. (eds), Carbonate Mud-Mounds: their origin and evolution. IAS Spec. Publ., 23: 3–9.
- BURNE R.V. & MOORE L.S. 1987 — Palaios, 2: 241–254.
- CLARI P., GAGLIARDI C., GOVERNA M.E., RICCI B. & ZUPPI G.M. 1988 — Boll. Mus. Reg. Sci. Naturali, Torino, 6: 197–216.
- CHAFETZ H.S. 1985 — J. Sediment. Petrol., 56: 812–817.
- DAVAUD E., STRASSER A. & JEDOUI Y. 1994 — [W:] Bertrand-Sarfati J. & Monty C. (eds), Phanerozoic Stromatolites II: 131–151.
- JAMES N.P. & BOURQUE P.-A. 1992 — [W:] Walker R.G. & James N.P. (eds), Facies Models Response to Sea Level Change. Geological Association of Canada reprint ser.: 323–345.
- KEMPE S. & KAŻMIERCZAK J. 1990 — [W:] Ittekkot V., Kempe S., Michaelis W. & Spitzky A. (eds), Facets of modern biochemistry: 255–278.
- KOROLJUK I.K. 1952 — Inst. Geol. Nauk, Akad. Nauk SSSR, Trudy, 56: 1–136.
- KRACH W. 1962 — Pr. Inst. Geol., 30: 417–445.
- LISZKOWSKI J. & MUCHOWSKI J. 1969 — Biul. Geol., 11: 536.
- LISZKOWSKI J. 1989 — [W:] 28th Inter. Geol. Congress, Washington D.C., USA, July 9–19. Abst., 2: 308–309.
- MONTY C.L.V. 1995 — [W:] Monty C.L.V., Bosence D.W.J., Bridges P.H. & Pratt B.R. (eds), Carbonate Mud-Mounds: their origin and evolution. IAS Spec. Publ., 23: 11–48.
- MUSIAŁ T. 1986 — Biul. Geol., 31: 5–149.
- PAPP A., MARINESCU F. & SENES J. 1974 — Miozän der Zentralen Paratethys Bd. IV, Sarmatien. Chronostratigraphie und Neostatotypen.
- PICKARD N.A.H. 1996 — [W:] Strogon P., Somerville I.D. & Jones I.G. (eds), Recent Advances in Lower Carboniferous Geology, Geological Society Special Publ., 107: 65–82.
- PISERA A. 1978 — Pr. Geol., 26: 159–163.
- PISERA A. 1985 — Acta Geol. Pol., 35: 89–155.
- PISERA A. 1990 — [W:] 9th Congress R.C.M.N.S., Barcelona, November 19–24, 1990. Global Events and Neogene Evolution of the Mediterranean, Abstracts, p.269.
- PRATT B.R. 1995 — [W:] Monty C.L.V., Bosence D.W.J., Bridges P.H. & Pratt B.R. (eds), Carbonate Mud-Mounds: their origin and evolution. IAS Spec. Publ., 23: 49–123.
- REID R.P., MACINTYRE I.G. & JAMES N.P. 1990 — Sediment. Geol., 68: 163–170.
- REITNER J. 1993 — Facies, 29: 3–40.
- REITNER J. & NEUWEILER F. 1995 — Ibidem, 32: 1–70.
- RÖGL F. & STEININGER F.F. 1983 — Annalen des Naturhistorischen Museums in Wien, 85: 135–163.