

Pochodzenie sfosfatyzowanych gąbek z warstwy dańskiego piaskowca glaukonitowego z Nasiłowa (dolina środkowej Wisły)

Ewa Świerczewska-Gładysz*, Danuta Olszewska-Nejbert**



E. Ś.-Gładysz



D.O.-Nejbert

The origin of phosphatized sponges from the Danian glauconitic sandstone from Nasiłów (central Poland, Vistula River valley). *Prz. Geol.*, 54: 710–719.

Summary. The sponge fauna from the Danian glauconitic sandstone as exposed at Nasiłów, contains all species known from the underlying Upper Maastrichtian siliceous chalk and, additionally, some species not documented hitherto from the latter unit. The stratigraphic ranges of the all studied sponges indicate their Late Maastrichtian age; there are no Danian sponges in the glauconitic sandstone. Two assemblages of sponges may be distinguished in the glauconitic sandstone, based on the analysis of the infilling of their interspicular space: 1) sponges infilled with phosphatized siliceous chalk and 2) sponges infilled with phosphatized glauconitic siliceous chalk. Petrographic study indicates that the host deposit of the first assemblage was a siliceous chalk. The second type originated from a glauconitic siliceous chalk unit, probably equivalent to the so-called Żyrzyn Beds of Late Maastrichtian age. The glauconitic chalk

originally overlain the siliceous chalk at Nasiłów, but has been subsequently eroded. Detailed analysis of the relations between two types of infillings allows to distinguish a latest Maastrichtian stage of erosion after deposition of the siliceous chalk, not recognised by previous authors. In this erosional stage, phosphatized sponges originally embedded in siliceous chalk were re-exposed and subsequently buried during the deposition of the glauconitic siliceous chalk unit.

Key words: sponges, phosphatization, redeposition, Maastrichtian/Danian, Vistula River valley

W dolinie środkowej Wisły, na południe od Puław, odsłania się kontakt morskich utworów mastrychtu i danu (ryc. 1). Na granicy tych utworów znajduje się warstwa piaskowca glaukonitowego, która jest widoczna w kamieniołomie w Nasiłowie oraz w kilku łomach w Bochothnicy i w rejonie Kazimierza Dolnego (ryc. 1). Współwystępowanie kredowych i dańskich skamieniałości w piaskowcu glaukonitowym oraz przesłanki sedymentologiczne, stały się podstawą rozmaitych interpretacji genezy i wieku tej warstwy (Kongiel, 1958; Pożaryska, 1965; Popiel-Barczyk, 1968; Krach, 1974; Radwański, 1985; Machalski & Walaszczyk, 1987; Hansen i in., 1989; Machalski, 1998).

W badaniach poświęconych genezie piaskowca glaukonitowego nie uwzględniono dotąd szczegółowej analizy sfosfatyzowanych gąbek, występujących masowo w tej warstwie. W niniejszej pracy dokonano porównania tych skamieniałości z fauną gąbkową z opok mastrychtu, opracowaną wcześniej przez Hurcewicz (1966, 1968) i Świerczewską-Gładysz (2000). Przeprowadzono analizę petrograficzną osadu zachowanego w obrębie sfosforyzowanych gąbek, co pozwoliło na wskazanie utworów, z którymi były one pierwotnie związane. Ustosunkowano się do wcześniejszych poglądów na temat genezy dańskiego piaskowca glaukonitowego. Podjęto, też próbę interpretacji epizodów fosfatyzacji, które do tej pory nie były przedmiotem szczegółowych badań.

Material i metody badawcze

Badania paleontologiczne obejmujące skład taksonomiczny gąbek, ich stan zachowania, a także rozmieszczenie okazów w osadzie, przeprowadzono w Nasiłowie na powierzchni ok. 2 m² głównego poziomu fosforytowego.

*Wydział Nauk Geograficznych, Uniwersytet Łódzki, ul. Narutowicza 88, 90-139 Łódź; eswiercz@geo.uni.lodz.pl

**Wydział Geologii, Uniwersytet Warszawski, ul. Żwirki i Wigury 93, 02-089 Warszawa; don@uw.edu.pl

Zbadano także wszystkie okazy gąbek wypreparowane z ok. 0,5 m³ objętości piaskowca glaukonitowego, znajdującego się pomiędzy głównym poziomem fosforytowym a stropem opok. Ogółem przebadano 578 okazów z Nasiłowa i 17 okazów z Bochothnicy. Pokruszenie okazów uniemożliwiło wykonanie analizy ilościowej tych organizmów.

Przeprowadzono analizy petrograficzne materiału wypełniającego gąbki. Zbadano również materiał znajdujący się w norach i w drażnieniach w gąbkach. Badania petrograficzne wykonano w Międzyinstytutowym Laboratorium Badań Właściwości i Mikrostruktur Geomateriałów w Warszawie przy użyciu mikroskopu firmy Nikon ECLIPSE E600W POL oraz w Międzyinstytutowym Laboratorium Mikroanalizy Mineraleń i Materiałów Syntetycznych w Warszawie przy użyciu mikroskopy CAMECA SX100.

Charakterystyka geologiczna profilu w Nasiłowie

Odsłonięcie w Nasiłowie to nieczynny kamieniołom, o wysokości ścian ok. 30 m i długości ok. 0,5 km. Położony jest na skarpie, na lewym brzegu Wisły (ryc. 1). W dolnej części profilu, obejmującego osady mastrychtu występuje słabo uławicono, kremowa opoka wapienista. Obserwuje się niewielki, stopniowy wzrost ku górze ilości glaukonitu oraz kwarcu detrytycznego (Pożaryska, 1952; Świerczewska-Gładysz, 2000). Serię opok kończy szarokremowa warstwa twardego wapienia o miąższości ok. 60–80 cm (ryc. 1C). Skład jej jest zbliżony do niżej leżących opok. W górnej części wapienia występują fragmenty słabiej scementowane. Strop warstwy jest pocięty przez liczne, przecinające się wzajemnie nory, co spowodowało jej „zbrekcjonowanie” (Radwański, 1985; Machalski & Walaszczyk, 1987; Machalski, 1998). W niektórych „zbrekcjonowanych” klastach wapienia/opoki są obecne gąbki. Warstwa wapienia występująca w tym rejonie była opisywana przez licznych autorów jako „twarde dno” (Pożaryska, 1952; Radwański, 1985; Abdel-Gawad, 1986;

Machalski & Walaszczyk, 1987; Hansen i in., 1989). Według Machalskiego (1998) do lityfikacji tej warstwy doszło dopiero po jej pogrzebaniu przez osady dańskiego piaskowca kwarcowo-glaukonitowego.

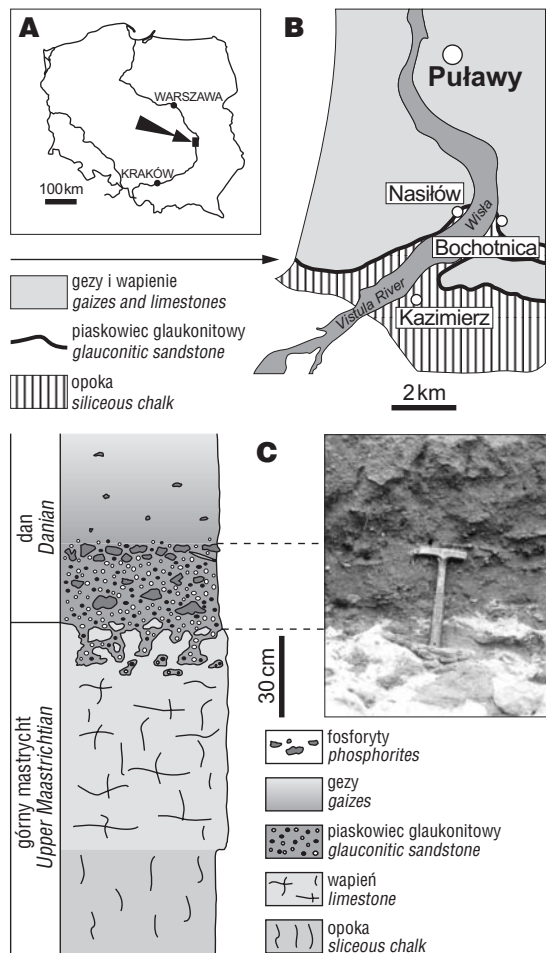
Opoka z Nasiłowa jest znana z bogatej fauny gąbkowej (Hurcewicz, 1966, 1968; Świerczewska-Gładysz, 2000). Ilość gąbek w profilu stopniowo wzrasta ku górze. Zarówno w serii opok jak i w warstwie wapienia, gąbki znajdują się w skale w pozycji przyżyciowej lub są przewrócone na bok, bez śladów ich pośmiertnego przemieszczania. Brak jest uszkodzeń mechanicznych okazów, a położenie rhyzoidów (długich wyrostków mocujących gąbki w osadzie) jest zgodne z uławiceniem skał. Faunie gąbkowej towarzyszą ślimaki, małże, belemnity, amonity, łodziki oraz ramienionogi (patrz przegląd literatury Abdel-Gawad, 1986; Machalski, 2005).

W badanym profilu Nasiłowa strop wapienia przykrywa warstwa miękkiego, brązowozielonkawego piaskowca glaukonitowego (ryc. 1C). Miąższość warstwy wynosi ok. 20–30 cm, przyjmując za jej górną granicę strop głównego poziomu z fosforytami. Szkielet ziarnowy skały stanowią detrytyczny kwarc, glaukonit i liczne, często pokruszone

skamieniałości; spoiwo zaś jest żelazisto-wapniste. Ziarna kwarcu są w różnym stopniu zaokrąglone, o średnicy do 0,2 mm. Ciemnozielone ziarna glaukonitu osiągają średnicę 0,4–0,5 mm, część ziaren jest pokruszona. Obecne są liczne węglanowe skorupki otworncie, fragmenty małżów i szkarłupni (dominują kolce jeżowców). Brak jest igieł gąbek i pustek po nich. W obrębie piaskowca, występują fosforyty, o wymiarach od kilku milimetrów do ok. 15 cm. Są to przeważnie sfosfatyzowane skamieniałości, rzadziej fragmenty opok. Fosforyty koncentrują się ok. 20–30 cm powyżej stropu opok, tworząc główny poziom fosforytowy.

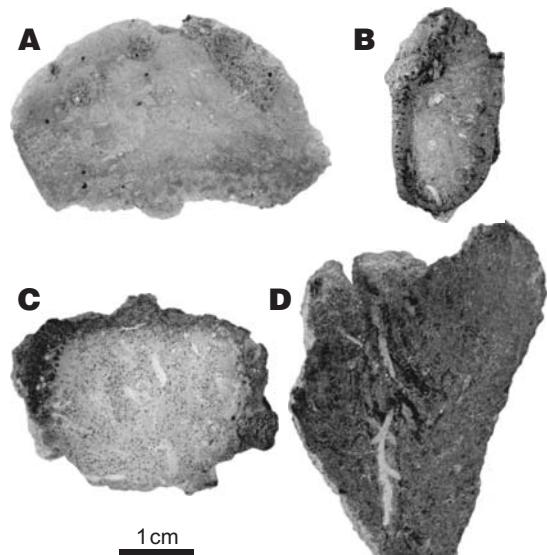
Wśród skamieniałości zachowanych w warstwie piaskowca glaukonitowego przeważają gąbki. W materiale wypełniającym spongocele gąbek częste są nory organizmów ryjących. Na powierzchni wielu okazów są widoczne ślady drążeń. Niektóre z nich przecinają ścianki gąbek na wylot. Oprócz gąbek występują tu także kredowe małże, ślimaki, ramienionogi oraz belemnity (np. Machalski & Walaszczyk, 1987) oraz skamieniałości paleogeńskie, reprezentowane głównie przez małże i ślimaki (Krach, 1981), jeżowce (Kongiel, 1950) i zęby ryb (Liszkowski, 1970). Większość skamieniałości mastrychckich (i nieliczne paleogeńskie) jest sfosfatyzowanych (Krach, 1974, 1981; Machalski & Walaszczyk, 1987; Machalski, 1998; Żarski i in., 1998). Pierwotne rozmieszczenie skamieniałości w obrębie badanej warstwy wydaje się być częściowo zaburzone. Jest to prawdopodobnie związane z ich pionowym przemieszczeniem na skutek działalności organizmów ryjących w osadzie (Machalski & Walaszczyk, 1987; Machalski, 1998).

Nad warstwą piaskowca glaukonitowego leży pakiet przelawiających się gez i wapieni, określane nieformalnie terminem siwak (Kongiel, 1935; Pożaryski, 1938; Krach, 1981). W jego spągowej części występują pojedyncze, niewielkie okruchy fosforytów. Mikroskamieniałości z profilu siwaka w Nasiłowie oraz z innych odstonień wskazują



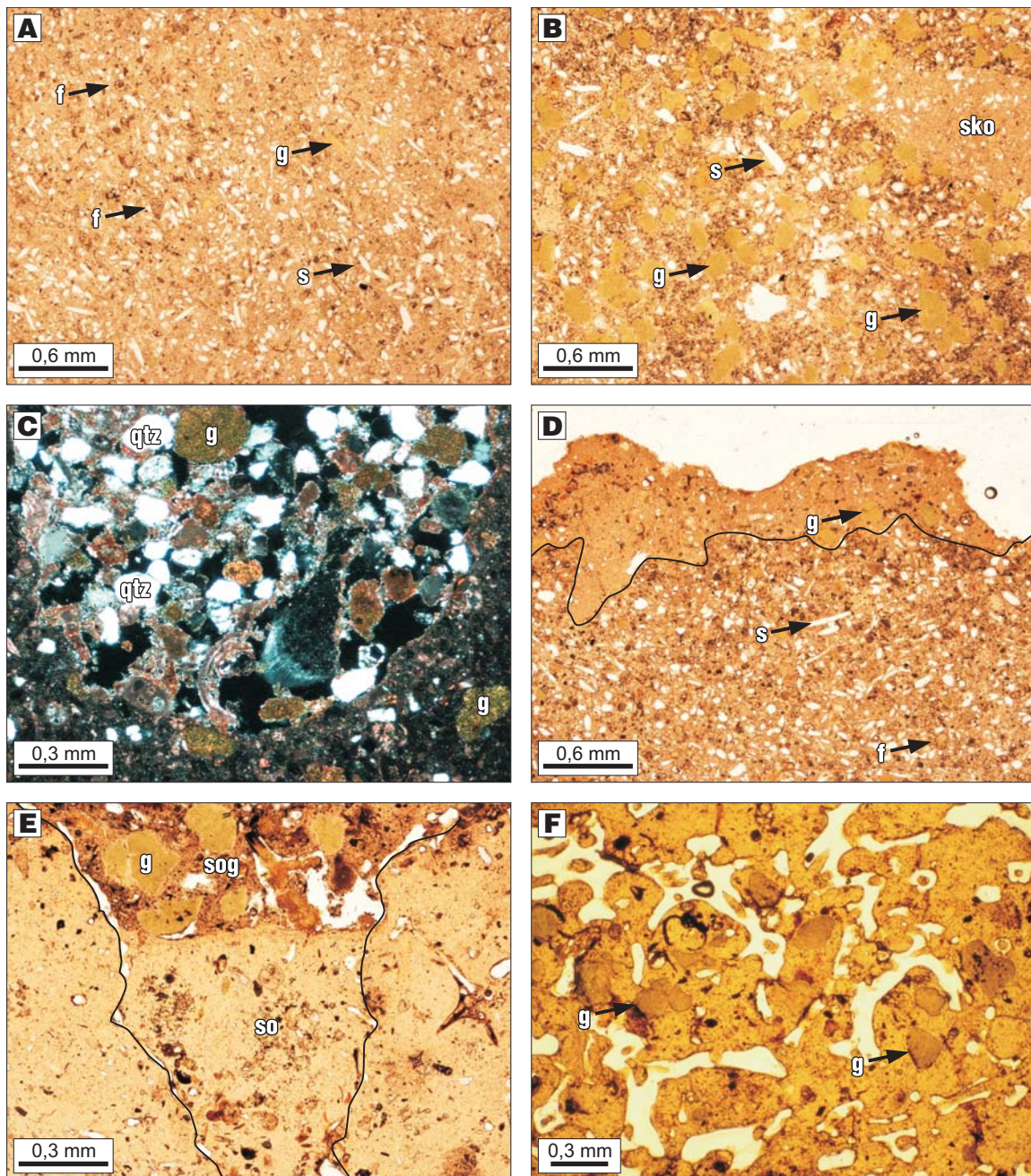
Ryc. 1. A — lokalizacja terenu badań; B — mapa geologiczna okolic Nasiłowa (wg Pożaryskiej, 1952, uproszczona); C — profil osadów z pogranicza mastrychtu i danu w Nasiłowie; fot. M. Machalski

Fig. 1. A — Location of the study area in Poland; B — geological sketch-map of the environs of Nasiłów (after Pożaryska, 1952, simplified); C — lithostratigraphic column of the Upper Maastrichtian through Danian deposits exposed in Nasiłów with close-up view of the glauconitic sandstone with phosphatic layer and underlying burrowed limestone; photo M. Machalski



Ryc. 2. Typy sfosfatyzowanych gąbek obserwowane makroskopowo. A — gąbki szare lub beżowoszare; B, C — gąbki szare lub beżowoszare z ciemną zewnętrzną otoczką, D — gąbki barwy ciemnobrązowej lub czarnej

Fig. 2. Types of phosphatized sponges; A — grey or beige; B, C — grey or beige with darker outer zone; D — dark-brown or black



Ryc. 3. Petrografia sfosfatyzowanych okazów gąbek i klastów; A — sfosfatyzowana opoka wypełniająca spongocel gąbki *Rhizopoterion cribrosus* (Phillips), liczne pustki po rozpuszczonych igłach gąbek (s), sfosfatyzowane skorupki otwornic (f) i nieliczne małe ziarna glaukonitu (g); B — sfosfatyzowana opoka glaukonitowa wypełniająca spongocel gąbki *Rhizopoterion cribrosus* (Phillips); duże i liczne ziarna glaukonitu (g), pustki po igłach gąbek (s), sfosfatyzowany klast opoki (sko); C — niesfosfatyzowany, słabo scementowany dański piaskowiec kwarcowo-glaukonitowy wypełniający drażenie w sfosfatyzowanej gąbce; g — glaukonit, qtz — kwarc detrytyczny; czarne pola w obrębie piaskowca — pustki wypełnione araldytem; nicole skrzyżowane; D — całkowicie sfosfatyzowany klast opoki z otoczką młodszej sfosfatyzowanej opoki glaukonitowej; E — kanał w ścianie gąbki *Sporadoscinia decheni* (Goldfuss), z dwiema generacjami wypełnień; wewnętrzna (dolna) część kanału wypełniona sfosfatyzowaną opoką (so), zewnętrzna (górną) część kanału wypełniona sfosfatyzowaną opoką glaukonitową (sog); F — sfosfatyzowana opoka z dużymi ziarnami glaukonitu (g) w przestrzeniach międzyspikularnych *Leiostracosia orthogoniopora* (Defretin-Lefranc)

Fig. 3. Petrography of the phosphatized sponges and clasts from the glauconitic sandstone at Nasifów; A — phosphatized siliceous chalk infilling the spongocel of *Rhizopoterion cribrosus* (Phillips); visible numerous voids after dissolved siliceous spicules of sponges (s), phosphatized tests of foraminifers (f), very rare fine glauconitic grains (g); B — phosphatized glauconitic siliceous chalk (phosphatic wackestone with glauconite) infilling the spongocel of *Rhizopoterion cribrosus* (Phillips); visible large and common glauconitic grains (g), quite common voids after dissolved siliceous spicules of sponges (s), the phosphatized clast of siliceous chalk (sko) situated on the right side of photo; C — non-phosphatized, weakly cemented sandy-glauconitic sandstone of Danian age, infilling the boring in the phosphatized sponge; g — glauconite, qtz — detrital quartz; voids infilled the araldite visible as the black fields; crossed nicols; D — entirely phosphatized clast of Maastrichtian siliceous chalk surrounded by an envelope of the phosphatized glauconitic siliceous chalk; E — the canal in the wall of *Sporadoscinia decheni* (Goldfuss) with two generation of infillings; the inner (lower) part of canal infilled by phosphatized siliceous chalk (so), the outer (upper) part of canal infilled by phosphatized glauconitic siliceous chalk (sog); F — the interspicular spaces of *Leiostracosia orthogoniopora* (Defretin-Lefranc) infilled by phosphatized glauconitic siliceous chalk

na dański wiek tych skał (Peryt, 1980; Hansen i in., 1989; Żarski i in., 1998). W osadach danu brak jest zachowanych całych okazów gąbek, podczas gdy igły występują masowo. Wśród nich są bardzo liczne desmy (por. Pożaryska, 1952).

Wiek piaskowca glaukonitowego dyskutowano w wielu pracach, a granica kreda/paleogen była stawiana (I) w spągu piaskowca glaukonitowego, (II) tuż pod głównym poziomem fosforytowym, (III) w stropie głównego poziomu fosforytowego, a nawet (IV) w obrębie tzw. siwaka (patrz dyskusja i przegląd literatury Machalski, 1998). W niniejszej pracy za granicę kreda/paleogen przyjęto strop opok (por. Machalski, 1998).

Wyniki szczegółowych badań paleontologicznych

Sfosfatyzowane okazy gąbek występujące w dańskim piaskowcu glaukonitowym są zróżnicowane makroskopowo (ryc. 2). Poniżej głównego poziomu występują głównie skamieniałości szare lub beżowoszare (ryc. 2A). Niektóre z nich mają ciemną zewnętrzną otoczkę, o grubości 6–7 mm (ryc. 2B, C), występującą równomiernie wokół całego okazu lub tylko miejscami. Okazy te są dobrze wypreparowane, ale bez śladów obtoczenia. Powierzchnia ich jest często uszkodzona (starta lub nadtrawiona). Duże okazy są rozkruszone, przy czym niektóre fragmenty dochodzą do 80 mm. W głównym poziomie fosforytowym dominują okazy ciemnobrązowe lub czarne (ryc. 2D) o jednolitej tonacji barwy na całej powierzchni okazu. Większość z nich jest silnie pokruszona. W spongocelach niektórych okazów widać dwa systemy przecinających się nor np. okaz *Siphonia tubulosa* (ryc. 2D), gdzie materiał wypełniający obie nory jest sfosfatyzowany.

Analiza składu taksonomicznego gąbek pochodzących z piaskowca glaukonitowego z Nasiłowa (Świerczewska-Gładysz, 2000) wykazała obecność 26 gatunków gąbek (tab. 1). Wśród nich wyróżniono te same gatunki, które występują w niżej leżących opokach górnego mastrychtu doliny środkowej Wisły, a także taksony nieznanne z tych warstw (tab. 1). Gatunki wyróżnione w warstwie piaskowca glaukonitowego są typowe dla osadów górnej kredy basenu epikontynentalnego Europy (patrz przegląd literatury Świerczewska-Gładysz, 2000). Szczególnie licznie występują one w utworach wyższych pięter górnej kredy. Żaden z nich nie został odnotowany w osadach młodszych tj. w paleogenie.

Analiza petrograficzna materiału wypełniającego gąbki

Analizowano szczegółowo frakcję oraz rodzaj materiału wypełniającego przestrzenie międzyspikularne (prze-strzenie w obrębie sieci szkieletowej), kanały, spongocela oraz resztki skały zachowane na powierzchniach gąbek. Zbadano również materiał znajdujący się w norach i w drażnieniach w gąbkach.

Na podstawie analizy frakcji stwierdzono, że materiał znajdujący się w przestrzeniach międzyspikularnych jest zwykle drobniejszy niż osad wypełniający kanały i spongocel. Z uwagi na selektywne wypełnianie gąbek osadem (Kennedy & Garisson, 1975b), przy określaniu rodzaju wypełnienia, konieczne było uwzględnienie wpływu struktury szkieletu oraz układu i wymiarów kanałów u poszczególnych gatunków. Okazało się, że ze względu na typ

budowy, duże ziarna glaukonitu nie występują lub są bardzo rzadkie w ściankach gatunków: *Eurete formosum*, *Eubrochis cribrosus*, *Pleurostoma dichotomia* i *Leiostracosia orthogoniopora* oraz w rhyzoidach gąbek z rodziny *Ventriculitidae*. W odniesieniu do powyższych gatunków, rodzaj wypełnienia określano wyłącznie na podstawie materiału znajdującego się w obrębie spongocela oraz fragmentów skały zachowanych na ściankach gąbek.

W obrębie badanych gąbek stwierdzono 3 rodzaje materiału wypełniającego: (I) sfosfatyzowana opoka; (II) sfosfatyzowana opoka glaukonitowa i (III) piaskowiec kwarcowo-glaukonitowy.

(I) Sfosfatyzowana opoka (fosforanowy wakston) o szkielecie ziarnowym rozproszonym (ryc. 3A, 4A), w skład którego wchodziły igły gąbek (przeważnie całkowicie rozpuszczone i obecnie widoczne jako pustki, otwornice, szczątki szkarłupni i małżów (w większości prawie całkowicie zastąpione późniejszymi fosforanami); nieliczne, drobne ziarna kwarcu detrytycznego i glaukonitu (o przeciętnej średnicy 0,04–0,05 mm). Obecne tło opoki jest całkowicie sfosfatyzowane, cechy zaś optyczne oraz skład chemiczny wskazują, że fosforany te są fluoroapatytem węglanowym (frankolitem). Materiałem wyjściowym do fosfatacji tego wypełnienia były opoki górnomastrychckie, identyczne pod względem petrograficznym z opokami odsłaniającymi się obecnie w Nasiłowie. Niekiedy w tym typie wypełnienia, znajdującym się w obrębie spongocela, występują struktury bioturbacyjne (ryc. 4A).

(II) Sfosfatyzowana opoka glaukonitowa (fosforanowy wakston z glaukonitem) o szkielecie ziarnowym rozproszonym (ryc. 3B, 4B), z większą ilością ziaren glaukonitu w porównaniu do pierwszego typu wypełnienia (I). W skład szkieletu ziarnowego wchodzi: liczne ziarna glaukonitu (zglaukonityzowane grudki fekalne) o średnicy od 0,2 do 0,5 mm, zaokrąglone, z dobrze widocznymi szczelinami kontrakcyjnymi; nieliczne ziarna kwarcu detrytycznego o średnicy ok. 0,2 mm (ryc. 4B); mniejsza ilość niż w rodzaju (I) igieł gąbek (obecnie pustki po nich, ryc. 3B); nieliczne otwornice, często silnie mechanicznie zniszczone. Podobnie, jak w przypadku wypełnienia (I) tło opoki jest zbudowane z frankolitu, ale o nieco odmiennym składzie chemicznym (ryc. 4C). Wypełnienie typu sfosfatyzowanej opoki glaukonitowej charakteryzuje się zmienną porowatością (ryc. 4D, E). Materiałem wyjściowym do fosfatacji tego wypełnienia były prawdopodobnie górnomastrychckie opoki glaukonitowe, odpowiadające utworom z warstw żyrzyńskich, wydzielonym przez Pożaryską (1965) na podstawie analizy materiału wiertniczego z Góry Puławskiej oraz Żyrzyna. Osady te w Nasiłowie i Bochotnicy zostały zerodowane i nie zachowały się w profilu w postaci ciągłej warstwy (Machalski & Walaszczyk, 1987; Hansen i in., 1989; Machalski, 1998). Według Hansena i in., (1989) sfosfatyzowany materiał węglanowy z glaukonitem zawiera liczne kokolity i jest słabiej scementowany niż opoka występująca poniżej warstwy piaskowca glaukonitowego.

(III) Słabo scementowany piaskowiec kwarcowo-glaukonitowy, identyczny z piaskowcem, w którym znajduje się poziom fosforytowy (ryc. 3C). Szkielet ziarnowy zwarty, zbudowany z ziaren kwarcu, skaleni i glaukonitu (o średnicach od 0,2 mm do 0,4 mm). Glaukonity mają barwę ciemnozieloną, niektóre ziarna są pokru-

szone. Piaskowiec bardzo słabo scementowany o spoiwie węglanowym typu kontaktowego.

Na podstawie materiału wypełniającego, sposobu wypełniania przestrzeni międzyspikularnych i jam w szkieletach gąbek, a także na podstawie relacji pomiędzy poszczególnymi typami wypełnień, podzielono gąbki na 3 grupy:

Grupa 1. W tej grupie gąbek przestrzenie międzyspikularne, kanały oraz spongocel wypełnia sfosfatyzowana opoka (I). Fragmenty tego osadu mogą być zachowane na powierzchni okazów.

Grupa 2. W tej grupie gąbek można zaobserwować dwa typy wypełnień. Przestrzenie międzyspikularne wypełnia (I) sfosfatyzowana opoka. Zachowane są również wypełnienia (II) sfosfatyzowaną opoką glaukonitową. Ten drugi typ wypełnienia zachował się w zagłębieniach na powierzchni gąbek, w zewnętrznych partiach rurek i kielichów, rzadziej w zewnętrznych odcinkach większych kanałów gąbek (ryc. 3E), podczas gdy wewnętrzne partie tych struktur zawierają (I) sfosfatyzowaną opokę. Materiał z

dużymi ziarnami glaukonitu wypełnia ponadto nory powstałe w wyniku działalności organizmów ryjących w obrębie osadu bezglaukonitowego, w spongocelach pogrzbanych gąbek. Nory te często są kręte i rozgałęzione.

Grupa 3. W tej grupie gąbek przestrzenie międzyspikularne, kanały i spongocel wypełnia (II) sfosfatyzowana opoka glaukonitowa (ryc. 3F). Okazy o takim wypełnieniu w warstwie piaskowca glaukonitowego są spotykane najrzadziej. W obrębie większych partii opoki glaukonitowej (np. wewnątrz spongocela) stwierdzone zostały małe (1–3 mm) sfosfatyzowane intraklasty opok.

Nie stwierdzono gąbek, u których w przestrzeniach międzyspikularnych znajdowałby się (III) słabo scementowany piaskowiec kwarcowo-glaukonitowy. Występuje on wyłącznie jako materiał wypełniający drażnienia skałotoczy (ryc. 3C), zewnętrzne partie większych jam w szkielecie gąbek oraz szczeliny powstałe w wyniku mechanicznego uszkodzenia skamieniałości.

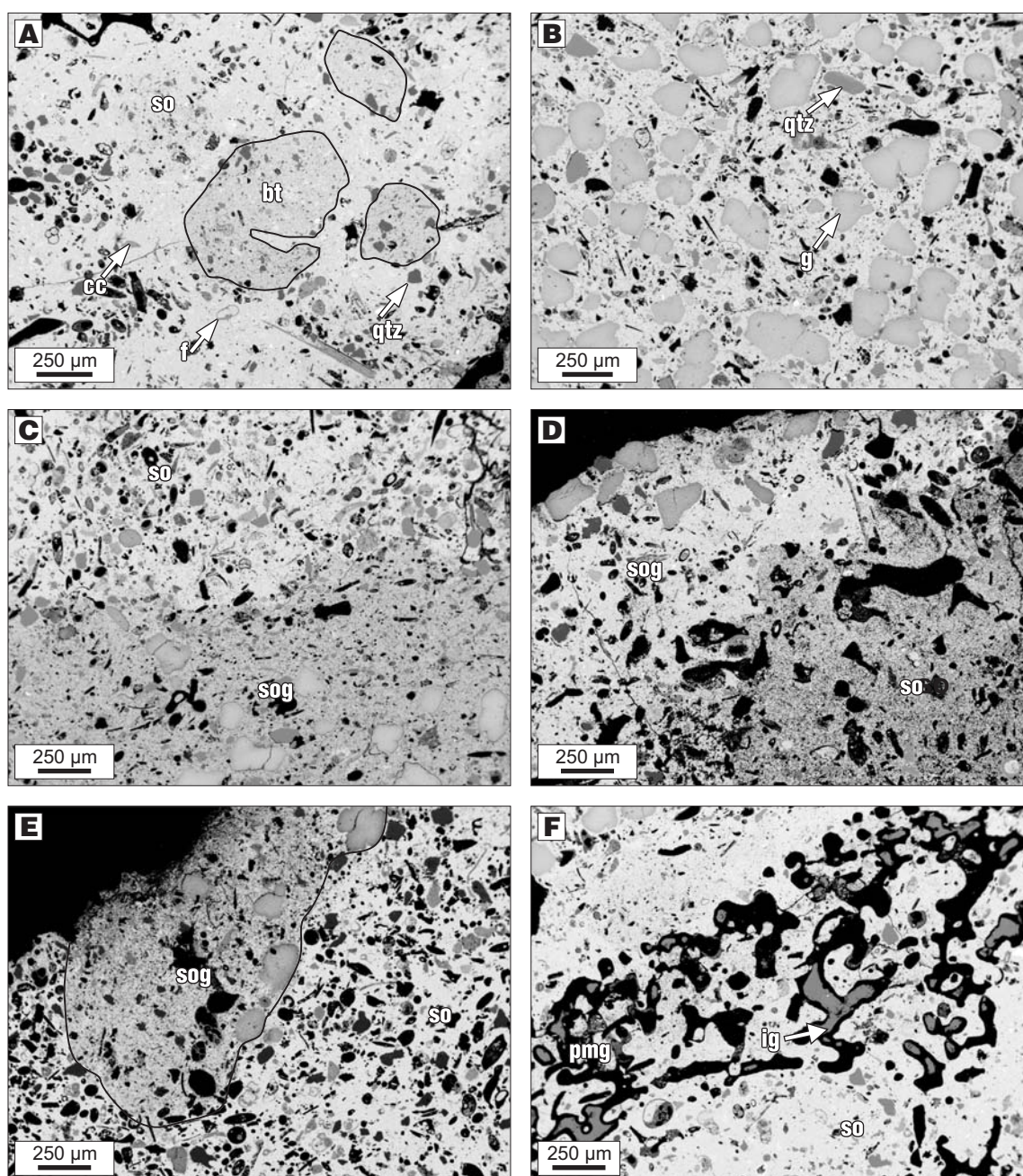
Wśród gąbek z grupy 1 i 2 (tab. 1) odnotowano wszystkie gatunki, występujące w opokach najwyższego mastrychtu Nasiłowa i tylko jeden gatunek *Phyllodermia*

Tab. 1. Skład gatunkowy zespołów sfosfatyzowanych gąbek kredowych z dańskiego piaskowca glaukonitowego z Nasiłowa
Table 1. The composition of phosphatized Cretaceous sponge species in two assemblages distinguished from Danian glauconitic sandstone of Nasiłów

Gatunki gąbek stwierdzone w dańskim piaskowcu glaukonitowym <i>Sponge taxa from the Danian glauconitic sandstone</i>		Zespół starszy Grupa 1, 2 <i>Older assemblage Group 1, 2</i>		Zespół młodszy Grupa 3 <i>Younger assemblage Group 3</i>	
		Gat. kredowe nieznanne z opok górnomastrychckich profilu Wisły*	Gat. znane z opok górnomastrychckich profilu Wisły **	Gat. kredowe nieznanne z opok górnomastrychckich profilu Wisły*	Gat. kredowe nieznanne z opok górnomastrychckich profilu Wisły*
Hexactinosida	<i>Aphrocallistes alveolites</i> (Roemer)		+	+	
	<i>Aphrocallistes cylindrodactylus</i> Schrammen		+	+	
	<i>Aphrocallistes vistulae</i> Hurcewicz		+		
	<i>Eubrochis cribrosus</i> (Reid)		+	+	
	<i>Eurete formosum</i> Reid		+	+	
	<i>Pleurostoma dichotoma</i> (Schrammen)		+	+	
Lychniscosida	<i>Brachiolithes cf. centunculus</i> (Schrammen)				+
	<i>Cyclostigma acinosa</i> (Schrammen)				+
	<i>Cyclostigma lobata</i> Schrammen		+	+	
	<i>Cyclostigma meandrina</i> Schrammen				+
	<i>Leiostracosia orthogoniopora</i> (Defretin-Lefranc)		+	+	
	<i>Rhizopoterion cribrosus</i> (Philips)		+	+	
	<i>Sporadoscina alcynoides</i> (Mantell)		+		
	<i>Sporadoscina dechni</i> (Goldfuss)		+	+	
Ventriculitidae gen. et sp., nov.		+			
Lithistida	<i>Acrochordonia ramosa</i> Schrammen				+
	<i>Colossolacis plicata</i> Schrammen				+
	<i>Jerea</i> sp.				+
	<i>Pachycothon giganteum</i> (Roemer)				+
	<i>Phyllodermia antiqua</i> (Schrammen)	+			+
	<i>Phymatella bulbosa</i> Zittel		+	+	
	<i>Ragadinia rimosa</i> (Roemer)				+
	<i>Seliscothon</i> sp.				+
	<i>Siphonia tubulosa</i> (Roemer)				+
	<i>Turonion variabilis</i> Michelin		+	+	
	<i>Verruculina miliaris</i> (Reuss)				+

*Crataceous sponge taxa not documented from Upper Maastrichtian chalk of Vistula section

**Crataceous sponge taxa documented from Upper Maastrichtian chalk of Vistula section



Ryc. 4. Sfosfatyzowane wypełnienia gąbek w obrazach BSE (15 keV, 20 nA); A — sfosfatyzowana opoka (so) wypełniająca spongocel; struktury bioturbacyjne (bt) bardziej szare w obrazie BSE; qtz — kwarc detrytyczny, cc — relikty niesfosfatyzowanego kalcytu; B — sfosfatyzowana opoka glaukonitowa wypełniająca spongocel gąbki; liczne duże ziarna niesfosfatyzowanego glaukonitu (g) i nieliczne ziarna kwarcu detrytycznego (qtz); C — kontakt dwóch generacji wypełnień w spongocelu gąbki; w górnej części zdjęcia wypełnienie typu sfosfatyzowanej opoki (so), w dolnej części młodsze wypełnienie typu sfosfatyzowanej opoki glaukonitowej (sog); różnica w jasności dwóch stref wskazuje na zróżnicowanie składu chemicznego cementów fosforanowych; D — sfosfatyzowana opoka (so), o stosunkowo dużej porowatości, z przylegającym fragmentem sfosfatyzowanej opoki glaukonitowej (sog), stanowiącym zewnętrzną, silnie scementowaną strefę osadu wypełniającego spongocel gąbki; E — fragment klastu sfosfatyzowanej opoki (so) z norą wypełnioną sfosfatyzowaną opoką glaukonitową (sog); różnica w jasności dwóch stref wskazuje na zróżnicowanie składu chemicznego cementów fosforanowych; F — sfosfatyzowana opoka (so) wypełniająca przestrzenie międzyspikularne gąbki (pmg); zachowane relikty igieł krzemionkowych (ig)

Fig. 4. Back-scattered electron images (BSE, 15 keV, 20 nA) of sponges with phosphatized infillings; A — phosphatized siliceous chalk (so) infilling the spongocel, in the BSE image the bioturbation structures (bt) are slightly darker in grey colour than the material surrounding the bioturbation structures; qtz — detrital quartz, cc — non-phosphatized relict of calcite; B — phosphatized glauconitic siliceous chalk infilling the spongocel; visible the numerous large non-phosphatized glauconitic grains (g), and rare detrital quartz grains (qtz); C — contact of two generations of infillings of spongocel; phosphatized siliceous chalk (so); phosphatized glauconitic siliceous chalk (sog); the difference in colour (light grey and dark grey) in BSE image indicates the variability in chemical composition of phosphate cements; D — phosphatized siliceous chalk (so) with visible quite large porosity infilling the spongocel; phosphatized glauconitic siliceous chalk (sog) strongly cemented at the margin; E — fragment of the phosphatized siliceous chalk (so) with burrow infilled by phosphatized glauconitic siliceous chalk (sog); the difference in colour (light grey and dark grey) in BSE image indicates the variability in chemical composition of phosphate cements; F — phosphatized siliceous chalk (so) infilling the interspicular spaces of sponge (pmg); visible are the remnants of siliceous spicules (ig)

antiqua, nie stwierdzony w profilu górnej kredy doliny środkowej Wisły. W grupie 3 wyróżniono jedenaście gatunków charakterystycznych dla opok górnomastrychckich oraz 12 innych, wśród których aż 9 reprezen-

tuje grupę Lithistida (tab. 1). Skład gatunkowy 3 grupy różni się wyraźnie od gąbek 1 i 2 grupy, a także od innych późnokredowych zespołów gąbek z profilu doliny środkowej Wisły (Świerczewska-Gładysz, 2000). Okazy zaliczone do powyższych trzech grup są wymieszane w utworach dańskiego piaskowca glaukonitowego.

Określenie warstw źródłowych gąbek z dańskiego piaskowca glaukonitowego

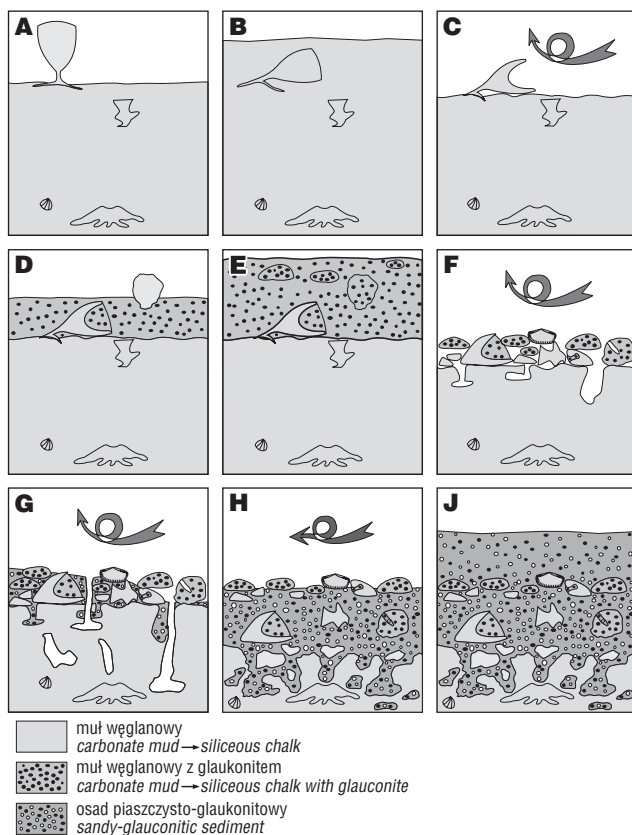
Po pogrzebaniu gąbek osad wypełniający ich ściankę ulega szybszej lityfikacji niż osad w obrębie spongocela (por. Kennedy & Garisson, 1975b; Brachert i in., 1987). W czasie ewentualnej ekshumacji słabo zlityfikowany osad może zostać częściowo usunięty z wnętrza szerokich kielichów, rurek, a także z zewnętrznych odcinków dużych kanałów w szkieletach gąbek. Miejsca te może zapęłniać nowy osad podczas ponownego pogrzebienia skamieniałości. Dlatego też, za materiał pierwotny, zastępujący ciało miękkie gąbki zaraz po jej obumarciu, należy uznać wypełnienie pozostałe w przestrzeniach międzyspikularnych, w wewnętrznych odcinkach kanałów, na dnie spongocela oraz bezpośrednio przylegające do ścianek. Dla gąbek z warstwy piaskowca glaukonitowego takim pierwotnym materiałem wypełniającym są obecnie sfosfatyzowane opoki (I) ubogie w glaukonit (ryc. 4F) i sfosfatyzowane opoki (II) z dużymi ziarnami glaukonitu (ryc. 3F). Zachowanie się dwóch rodzajów materiału wypełniającego w przestrzeniach międzyspikularnych gąbek, sugeruje, że badane gąbki były związane z różnymi etapami sedimentacji. Gąbki te reprezentują zatem dwa zespoły faunistyczne, charakterystyczne dla mastrychtu.

Zespół pierwszy (gąbki grupy 1, 2) był związany z opoką górnomastrychcką. Obecność dwóch generacji wypełnień u części gąbek z tego zespołu (grupa 2) wskazuje, że materiał z licznymi ziarnami glaukonitu zapęłniał tylko zewnętrzne partie szkieletu gąbek, wypełnionych najpierw opoką o małej zawartości glaukonitu. Opoka z Nasiłowa jest więc osadem starszym niż opoka glaukonitowa, co potwierdza wnioski Hansena i in. (1989) i Machalskiego (1998).

Zespół drugi gąbek (grupa 3) żył w czasie sedimentacji opok wzbogaconych w glaukonit, które zostały w Nasiłowie i Bochojniczy całkowicie zerodowane. Były to prawdopodobnie osady odpowiadające warstwowi żyrzyńskim (Pożarska, 1965), młodszym niż opoki w Nasiłowie. Zespół drugi jest więc zespołem młodszym niż pierwszy.

Dyskusja. Skamieniałości mastrychckie (Kongiel, 1958; Popiel-Barczyk, 1968; Radwański, 1985; Abdel-Gawad, 1986) lub tylko niektóre niesfosfatyzowane (Machalski & Walaszczyk 1987), były interpretowane jako zespół autochtoniczny w warstwie piaskowca glaukonitowego. Pożaryska (1965) i Krach (1974, 1981) uznali, że skamieniałości kredowe są redeponowane i pochodzą ze zniszczonego stropu opok górnego mastrychtu. Machalski i Walaszczyk (1987) po raz pierwszy zwrócili uwagę na wypełnienie niektórych osródek sfosfatyzowanym materiałem bogatym w glaukonit. Skamieniałości o takim wypełnieniu zostały uznane przez Hansena i in., (1989) i Machalskiego (1998) za formy redeponowane z całkowicie zerodowanych na badanym terenie utworów, odpowiadających warstwowi żyrzyńskim.

Sfosfatyzowana opoka lub sfosfatyzowana opoka glaukonitowa, wypełniająca gąbki różni się składem od otaczających je utworów z warstwy piaskowca glaukonito-



Ryc. 5. Przebieg procesów sedymentacyjno-erozyjnych u schyłku kredy (A–E) i w danie (F–J), objaśnienia w tekście

Fig. 5. Reconstructed succession of depositional and erosional events (Machalski & Walaszczyk, 1987; Hansen et al., 1989; Machalski, 1998, and this paper) in the Latest Cretaceous (A–E) and Danian (F–J); the **Late Maastrichtian**: A — sedimentation of the siliceous chalk, domination of specimens from the orders Hexactinosida and Lychniscosida; B — slowdown of the sedimentation rate, prefossilization of the buried sponges (and also other fossils), followed by their phosphatization; C — winnowing of the loose material, erosion of the upper part of siliceous chalk, re-exposure of the phosphatized sponges and clasts of siliceous chalk; the **Latest Maastrichtian**: D — start of the siliceous chalk sedimentation (equivalent of the Żyrzyn Beds), large production of pellets, reburial of the sponges; E — development of the new assemblage of sponges with specimens from the orders Hexactinosida and Lychniscosida, and with numerous specimens from the Lithistida group, prefossilization of sponges, glauconitization of pellets, phosphatization of the buried specimens; **Danian**: F — winnowing of the loose material, erosion of glauconitic siliceous chalk (equivalent to the Żyrzyn Beds), re-exposure of the phosphatized sponges, development of burrowing fauna in siliceous chalk, formation of the residual lag deposit on the sea floor and occasional boring of the phosphated sponges; G — start of sedimentation of the sandy-glauconitic material, filling of the burrows and borings by sandy-glauconitic material, development of the next generations of burrowing fauna; H — the origin of the pseudobreccia of siliceous chalk as a result of development of burrowing fauna, downward vertical displacement of fauna from residual lag by burrowing fauna; possibly additional reworking of the residual lag; J — continuation of sandy-glauconitic sedimentation gradually passing into the gaize sedimentation

wego. Obecność materiału piaszczysto-glaukonitowego wyłącznie we wtórnych pustkach w obrębie badanych okazów dowodzi, że brak jest w tej warstwie zachowanych gąbek, będących fauną autochtoniczną. Współwystępowanie gąbek, pochodzących z różnych facjalnie i wiekowo osadów, świadczy o ich redepozycji i wymieszaniu, co potwierdza wnioski, zaprezentowane na podstawie innych grup skamieniałości przez Machalskiego & Walaszczyka (1987), Hansena i in. (1989) i Machalskiego (1998).

Interpretacja etapów sedymentacyjnych, fosfogenicznych i erozyjnych w późnej kredzie i danie

Na podstawie przeprowadzonych obserwacji wypełnień i składu taksonomicznego gąbek z Nasilowa, można odtworzyć następstwo kolejnych etapów sedymentacyjnych (ryc. 5).

1. W późnym mastrychcie trwała sedymentacja utworów węglanowych o małej zawartości glaukonitu (ryc. 5A), odpowiadających składem opokom. Wśród żyjących w tym czasie gąbek dominowały gatunki (patrz tab. 1, zespół starszy) z rzędu Hexactinosida i rzędu Lychniscosida. Mniej licznie występowały tu Lithistida. Jedyną zauważalną zmianą w faunie gąbkowej jest pojawienie się, prawdopodobnie dopiero pod koniec sedymentacji tych utworów, gatunku *Phyllodermia antiqua* (tab. 1).

2. Sedymentacja uległa spowolnieniu (ryc. 5B). Rozpoczęła się fosylizacja obumarłych gąbek. Osad wypełniający przestrzenie międzyspikularne, kanały i rurki gąbek uległ szybszej lityfikacji. Spongocela gąbek, również były wypełniane osadem, ale materiał ten mógł być mniej skonsolidowany, stąd obecne w nim nory. Przy spowolnionej, czy nawet zahamowanej sedymentacji, mogło dojść do pierwszego etapu fosfatacji. Gąbki należą do skamieniałości, które szczególnie łatwo ulegały fosfatacji (Bromley, 1967; Kennedy & Garisson, 1975a, b). Granica strefy niedotlenionej w przypowierzchniowej warstwie osadu zbliżyła się do powierzchni woda-osad, ale jej nie osiągnęła. Jednakże, w natlenionej warstwie mogły tworzyć się lokalne środowiska anoksyczne, rozwijające się wokół pogrzebanych organizmów (por. Föllmi, 1990). Takie warunki sprzyjały rozpuszczaniu węglanu wapnia i wytrącaniu się frankolitu na jego miejsce. Sfosfatyzowana została opoka wypełniająca przestrzenie międzyspikularne, kanały, a w niektórych przypadkach również fragmenty osadu zachowanego w spongocelach i na powierzchni gąbek. Procesy fosfatacji objęły również stosunkowo niewielkie fragmenty opoki, która znalazła się w strefie anoksycznej, o czym świadczą zachowane obecnie nieliczne klasty sfosfatyzowanej opoki.

3. W wyniku podmorskiej erozji w mastrychcie nastąpiło zniszczenie górnej części profilu opok (ryc. 5C). Rozmywany osad był prawdopodobnie słabo zlityfikowany. Silniej scementowany materiał zachował się jedynie w obrębie ekshumowanych skamieniałości, zwłaszcza w przestrzeniach międzyspikularnych gąbek. Osad, który nie uległ fosfatacji w obrębie szkieletu gąbki, został w wyniku erozji usunięty. Natomiast sfosfatyzowane partie materiału zachowały się.

4. Z końcem mastrychtu rozpoczęła się sedymentacja utworów węglanowych o składzie opoki (ryc. 5D). Organizmy żyjące w tym czasie dostarczały dużo pelletów, które uległy potem procesowi glaukonityzacji. Tempo sedymenta-

cji było niewielkie. Gąbki ekshumowane z opoki mastrychckiej uległy ponownemu pogrzebaniu. Osad z dużymi pelletami wypełnił wolne przestrzenie oraz otwarte nory w wypreparowanych okazach gąbek. Równocześnie rozwinął się nowy zespół gąbek (patrz tab. 1, zespół młodszy) zawierający liczne gatunki Lithistida. Skład Hexactinosida i Lychniscosida prawie nie uległ zmianie.

Prześczenie międzyspikularne, kanały i spongocela nowego zespołu gąbek, zostały również wypełnione osadem z pelletami (ryc. 5E), które potem ulegały glaukonityzacji. W przypowierzchniowej warstwie osadu ponownie zapanowały warunki anoksyczne, co doprowadziło do drugiego etapu fosfatacji. Warunki anoksyczne mogły rozwijać się lokalnie, wokół gąbek. Tym razem fosfatacji uległy gąbki wraz z materiałem je wypełniającym. Osad ten w końcowym efekcie to sfosfatyzowana opoka glaukonitowa. Na części okazów redeponowanych ze sfosfatyzowanych opok pojawiła się druga generacja fosforanów utworzona ze sfosfatyzowanych opok glaukonitowych (ryc. 3D,E i ryc. 4C,E).

5. Kolejny epizod erozyjny w danie spowodował rozmycie zdeponowanego osadu oraz stropowej części opok (ryc. 5F). Doszło do ekshumacji gąbek zespołu drugiego (młodsze), które żyły w środowisku sedymentacji mułu wzbogaconego w pellety (ryc. 5D,E) oraz zespołu pierwszego (starszych gąbek) związanych z opoką ubogą w glaukonit (ryc. 5B). Różnowiekowo skamieniałości uległy wymieszaniu. Powstał bruk rezydualny. W jego składzie oprócz skamieniałości mastrychckich znalazły się też sfosfatyzowane i niesfosfatyzowane skamieniałości dańskie (ryc. 5F), pochodzące ze zerodowanych osadów (wapieni) dańskich (patrz Machalski, 1998; 2005). Rozwój fauny ryjacej w osadzie spowodował powstanie nor, widocznych dzisiaj w stropie wapienia (Machalski, 1998). W tym czasie sfosfatyzowane gąbki zostały pocięte przez skałotocze (ryc. 5F).

6. W danie rozpoczęła się sedymentacja utworów piaszczysto-glaukonitowych, wypełniających rycia w stropie opok. Okresowo pojawiające się warunki omisyjne sprzyjały dalszemu rozwojowi fauny ryjacej i powstawały nowe generacje nor (ryc. 5G).

7. Intensywny rozwój fauny ryjacej doprowadził do „zbrekcionowania” stropowej części opoki (por. Machalski, 1998). We fragmentach pokruszonej opoki są obecne gąbki, które nie podlegały opisywanym wyżej procesom fosfatacji i erozji. Działalność organizmów ryjacych doprowadziła też do pionowego przemieszczenia niektórych skamieniałości z poziomu bruku rezydualnego w dół profilu (ryc. 5H). Sedymentacji osadów piaszczysto-glaukonitowych towarzyszyło prawdopodobnie wielokrotne przerabianie osadu przez prądy, co spowodowało pokruszenie skamieniałości i uszkodzenie ich powierzchni. Gromadzący się nadal powoli osad piaszczysto-glaukonitowy zasypał liczne nory w stropie opok, wypełnił występujące w gąbkach ślady po drażnieniach skałotoczy oraz pęknięcia powstałe w czasie mechanicznej obróbki skamieniałości (ryc. 3C, 5H).

8. Po ostatecznym pogrzebaniu warstwy fosforytowej, kontynuowała się sedymentacja utworów dańskich. Depozycja utworów piaszczysto-glaukonitowych stopniowo ustępowała sedymentacji utworów o składzie gezy (ryc. 5J, 1C).

Dyskusja. Przedstawiony schemat ogólnie odpowiada scenariuszom prezentowanym przez Hansena i in. (1989) i Machalskiego (1998). Uzupełnienie schematu przedstawionego przez wspomnianych autorów wiąże się z wyróżnieniem dodatkowego etapu erozyjnego, przed

sedymentacją utworów węglanowych z glaukonitem (=odpowiednik warstw żyrzyńskich). Proces fosfatacji i rozmycie stropu opok ubogich w glaukonit (ryc. 5C) poprzedza sedymentację utworów odpowiadających warstwowi żyrzyńskiemu. Godnym odnotowania jest fakt, iż Pożaryska (1965) wspomina o obecności fosforytów w warstwach żyrzyńskich, co przemawia za istnieniem etapu fosfatacji przed sedymentacją piaskowca glaukonitowego. Badania Hansena i in. (1989) wykazały, że po depozycji opok glaukonitowych (ryc. 5D–E), a przed następnym etapem erozyjnym (ryc. 5F), nastąpiła sedymentacja ilów o podwyższonej zawartości irydu (odpowiednik granicznego iltu rybnego z pogranicza kredy i paleogenu Danii) oraz utworów węglanowych (odpowiednik dańskiego wapienia cericjowego z Danii). Fauna gąbkowa nie dostarczyła danych o obecności tych warstw z pogranicza kredy i paleogenu.

Kilkakrotnie powtarzające się procesy w kolejności: spowolniona sedymentacja, fosfatacja i erozja (tzw. cykle Baturina) doprowadziły do powstania bruku rezydualnego i wymieszania fauny co najmniej z trzech cykli sedymentacyjnych: z późnego mastrychtu (opoka z Nasiłowa), z najpóźniejszego mastrychtu (warstwy żyrzyńskie) i z danu (por. Machalski & Walaszczyk, 1987; Machalski, 1998), z czego pierwsze dwa cykle są czytelne na podstawie gąbek. Kondensacja stratygraficzna fosforytów w cyklach Baturina jest dość często spotykana w utworach różnego wieku (np. Baturin, 1982; Krajewski, 1984; Föllmi, 1990). Fosforyty z wcześniejszych poziomów, po odsłonięciu i ponownym pogrzebaniu, mogą ponownie ulegać fosfatacji (np. Föllmi, 1990). Wielokrotna fosfatacja jest często spotykana zarówno w stanie kopalnym (np. Birch i in., 1983), jak i w strefach współcześnie tworzących się fosforytów (np. McArthur, 1983). W kolejnych etapach są przerabiane starsze fosforyty i jednocześnie tworzą się kolejne, młodsze genetycznie fosforyty (np. Birch i in., 1983; McArthur, 1983; Kudrass & von Rad, 1984). Przy wielokrotnie powtarzających się cyklach, w jednym pokładzie (horyzoncie) znajdują się fosforyty kilku generacji. Wskazanie wszystkich etapów fosfatacji staje się wtedy problematyczne. Na podstawie przeprowadzonej analizy paleontologicznej i petrograficznej gąbek z Nasiłowa możliwe było udokumentowanie dwóch etapów fosfatacji zachodzących u schyłku kredy. Obecność niektórych sfosfatowanych skamieniałości dańskich w bruku rezydualnym (np. Machalski 1998) świadczy o tym, że w paleogenie nastąpił jeszcze co najmniej jeden epizod fosfatacji.

Interpretacja warunków batymetrycznych zbiornika w oparciu o ekologię badanych gąbek

Analiza zespołów kredowych gąbek wskazuje, że *Hexactinosida* i *Lychniscosida* związane są z utworami węglanowymi głębszych zbiorników, o znikomym dopływie grubszego materiału detrytycznego, podczas gdy bogate w taki materiał facje litoralne obfitują w *Lithistida* (patrz literatura Świerczewska-Gładysz, 2000).

Mniej liczne *Lithistida* są znajdowane również w osadach strefy nerytycznej, natomiast *Hexactinosida* i *Lychniscosida* są bardzo rzadkie w zespołach gąbek z utworów płytkomorskich.

Takie rozprzestrzenienie poszczególnych grup kopalnych gąbek, potwierdzają obserwacje współczesnej fauny gąbkowej (patrz przegląd literatury Świerczew-

ska-Gładysz, 2000; Krautter i in., 2001). Współczesne *Lithistida*, zasiedlające generalnie płytsze zbiorniki, pojawiają się także na większych głębokościach. *Hexactinosida* oraz reliktove obecnie *Lychniscosida* preferują głębsze zbiorniki morskie i najliczniej występują na głęb. od 100 do 600 m. W płytszych strefach spotykane są sporadycznie.

Dyskusja. Obydwa zespoły gąbek wyróżnione w warstwie piaskowca glaukonitowego związane były z facjami węglanowymi. W pierwszym z nich *Lithistida* są rzadkością, natomiast *Hexactinosida* i *Lychniscosida* są liczne i zróżnicowane gatunkowo, co wyklucza postulowane przez Radwańskiego (1985) i Abdel-Gawada (1986) ekstremalnie płytkowodne warunki pod koniec depozycji opok ubogich w glaukonit. Głębokość zbiornika w czasie sedymentacji tych utworów była zapewne niewiele mniejsza niż 100 m.

Drugi zespół, związany z utworami węglanowymi o większej zawartości glaukonitu, również cechuje się dużym zróżnicowaniem gatunkowym *Hexactinosida* i *Lychniscosida*. Pojawienie się w nim także przedstawicieli *Lithistida* może wskazywać na powolne spływanie się zbiornika, co byłoby zgodne z wynikami badań innych autorów (Pożaryski, 1960; Abdel-Gawad, 1986; Hakenberg & Świdrowska, 2000).

Istnienie etapów erozyjnych, w czasie depozycji utworów węglanowych, także nie można uznać za wskaźnik niewielkich głębokości. Dla porównania, powierzchnie omisyjne w kredzie piszącej tworzyły się na głębokości ok. 50–100 m (Kennedy & Garisson, 1975a). Wydaje się więc, że warunki płytkowodne na danym terenie pojawiły się dopiero w danie. Z ich nastaniem fauna gąbkowa uległa radykalnej zmianie. Wyginęły głębokowodne gatunki gąbek z rzędu *Hexactinosida* i *Lychniscosida*. Bujnie natomiast rozwinęły się *Lithistida*, o czym świadczą ich igły, występujące masowo w siwaku (Pożaryska, 1952).

Podsumowanie

1. Wszystkie gąbki występujące w dańskim piaskowcu glaukonitowym w Nasiłowie są wieku kredowego.
2. Analiza petrograficzna osadu wypełniającego gąbki pozwala na wyróżnienie dwóch zespołów pochodzących z różnych środowisk sedymentacji. Pierwszy zespół żył w czasie osadzania się mułu węglanowego (opoka), drugi zaś, również w czasie sedymentacji mułu węglanowego, przy jednocześnie dużej produkcji pelletów, będących materiałem wyjściowym do powstawania glaukonitu (opoka glaukonitowa).
3. Analiza regionalna obszaru pozwala wnioskować, iż wyróżnione dwa zespoły środowiskowe gąbek, są różnowiekowe. Zespół pierwszy, starszy, jest związany z opoką późnomastrychcką, zespół zaś drugi, młodszy, z opoką glaukonitową odpowiadającą warstwowi żyrzyńskiemu najpóźniejszego mastrychtu. Warstwy żyrzyńskie w profilu Nasiłowa zostały całkowicie zerodowane.
4. W niektórych gąbkach starszego zespołu, obecność dodatkowego wypełnienia, jakim była opoka glaukonitowa, pozwoliła wyróżnić, nie opisany do tej pory przez innych badaczy, etap erozyjny po sedymentacji opok, a przed osadzeniem się opok glaukonitowych.
5. Obydwa zespoły gąbek uległy fosfatacji w co najmniej dwóch cyklach tzw. cyklach Baturina polegających na depozycji osadu i pogrzebaniu w nim gąbek, fosfatacji w środowisku anoksycznym i erozji prowadzącej do ekshumacji sfosfatowanych skamieniałości.

6. Po dwóch cyklach fosfatacji w późnej kredzie miały miejsce przynajmniej jeszcze jeden cykl dański, gdyż fauna wieku dańskiego jest również sfosfatowana. Erozja po tym ostatnim cyklu doprowadziła do powstania bruku rezydualnego, zawierającego wymieszane, różnowiekowe zespoły gąbek kredowych i faunę dańską.

7. W trakcie sedymentacji mułu węglanowego (opoka) dominowały gąbki z rzędów Hexactinosida i Lychniscosida (starszy zespół gąbek) co świadczy o większej głębokości zbiornika. Pojawienia się liczniejszych przedstawicieli z grupy Lithistida, obok okazów z dwóch wyżej wymienionych rzędów (zespół młodszy) w czasie sedymentacji mułu węglanowego z dużą ilością glaukonitu (opoka glaukonitowa odpowiadająca warstwowi żyrzyńskiemu), wskazuje prawdopodobnie na powolne spływanie się zbiornika u schyłku kredy. Masowe występowanie igieł gąbek z grupy Lithistida w siwaku leżącym nad dańskim piaskowcem glaukonitowym świadczy o wyginieciu gatunków głębokomorskich i radykalnym spływnieniu zbiornika.

Autorki serdecznie dziękują recenzentom za wnikliwe i konstruktywne uwagi; Marcinowi Machalskiemu za owocną dyskusję i udostępnienie zdjęcia umieszczonego na ryc. 1C; Annie Świerczewskiej i Krzysztofowi Nejbertowi za pomoc przy wykonaniu zdjęć petrograficznych; Panu Stanisławowi Olbrychowi za wykonanie płytek cienkich. Jedną z autorek (DON) gorąco dziękuje swoim Rodzicom, za wszechstronną pomoc umożliwiającą jej prowadzenie badań naukowych.

Praca została sfinansowana z grantu BW UŁ 505/706 i grantu BW UW 1726/05

Literatura

- ABDEL-GAWAD G.I. 1986 — Maastrichtian non-cephalopod mollusks (Scaphopoda, Gastropoda and Bivalvia) of the Middle Vistula Valley, Central Poland. *Acta Geol. Pol.*, 36: 69–224.
- BATURIN G.N. 1982 — Phosphorites on the sea floor. Origin, composition and distribution. *Developments in Sedimentology*, 33: 1–343.
- BIRCH G.F., THOMSON J., McARTHUR J.M. & BURNETT W.C. 1983 — Pleistocene phosphorites of the west coast of South Africa. *Nature*, 302: 601–603.
- BRACHER T. C., DULLO W.C. & STOFFERS P. 1987 — Diagenesis of siliceous sponge limestones from the Pleistocene of the Tyrrhenian Sea (Mediterranean Sea). *Facies*, 17: 41–50.
- BROMLEY R.G. 1967 — Marine phosphorites as depth indicators. *Marine Geol.*, 5: 503–509.
- FÖLLMI K. B. 1990 — Condensation and phosphogenesis: example of the Helvetic mid-Cretaceous (northern Tethyan margin). [In:] Notholt A.J.G., Jarvis I. (eds.), *Phosphorite Research and Development*, *Geol. Soc. Spec. Publ.*, 52: 237–252.
- HAKENBERG M. & ŚWIDROWSKA J. 2001 — Cretaceous basin evolution in the Lublin area along the Teisseyre-Tornquist Zone (SE Poland). *Ann. Soc. Geol. Pol.*, 71: 1–20.
- HANSEN H.J., RASMUSSEN K.L., GWOZD R., HANSEN J.M. & RADWAŃSKI A. 1989 — The Cretaceous/Tertiary boundary in Central Poland. *Acta Geol. Pol.*, 39: 1–12.
- HURCEWICZ H. 1966 — Siliceous sponges from the Upper Cretaceous of Poland; Part I, Tetraxonia. *Acta Palaeont. Pol.*, 11: 15–129.
- HURCEWICZ H. 1968 — Siliceous sponges from the upper Cretaceous of Poland; Part II, Monaxonia and Triaxonia. *Acta Palaeont. Pol.*, 13: 3–96.
- KENNEDY W.J. & GARISSON R.E. 1975a — Morphology and genesis of nodular chalks and hardgrounds in the Upper Cretaceous of southern England. *Sedimentology*, 22: 311–386.
- KENNEDY W.J. & GARISSON R.E. 1975b — Morphology and genesis of nodular phosphates in the Cenomanian glauconitic marl of south-east England. *Lethaia*, 8: 339–360.
- KONGIEL R. 1935 — W sprawie wieku „siwaka” w okolicach Puław. *Pr. Tow. Przyj. Nauk w Wilnie*, 9: 171–227.
- KONGIEL R. 1950 — Sur quelques échinides nouveaux du Maastrichtien supérieur des environs de Puławy. *Acta Geol. Pol.*, 1: 311–329.
- KONGIEL R. 1958 — Sur les radioles des Échinides des couches à *Crania tuberculata* Nilss à Boryszew près de Sochaczew. *Pr. Muz. Ziemi*, 2: 1–27.
- KRACH W. 1974 — Paleoekologiczne stosunki w Basenie Paleocenońskim w Karpatach i nad Wisłą. *Biul. Inst. Geol.*, 281: 59–63.
- KRACH W. 1981 — Paleocene fauna and stratigraphy of the Middle Vistula River. *Stud. Geol. Pol.*, 71: 1–80.
- KRAJEWSKI K.P. 1984 — Early diagenetic phosphate cements in the Albian condensed glauconitic limestone of the Tatra Mountains, Western Carpathians. *Sedimentology*, 31: 443–470.
- KRAUTTER M., CONWAY K.W., BARRIE J.V. & NEUWEILER M. 2001 — Discover of a „Living Dinosaur”: Globally Unique Modern Hexactinellid Sponge Reefs off British Columbia, Canada. *Facies*, 44: 265–282.
- KUDRASS H.R. & RAD U. von. 1984 — Geology and some mining aspect of the Chatham Rise phosphorite: a synthesis of SONNE-17 results. *Geol. Jahrb., Reihe D*, 65: 233–252.
- LISZKOWSKI J. 1970 — Biostratygrafia danu i paleocenu Nasiłowa i Bochońnicy w świetle analizy ichtiofauny. *Prz. Geol.*, 18: 391–397.
- MACHALSKI M. 1998 — Granica kreda-trzeciorzęd w przełomie Wisły. *Prz. Geol.*, 46: 1153–1161.
- MACHALSKI M. 2005 — The youngest Maastrichtian ammonite faunas from Poland and their dating by scaphitids. *Cretaceous Research*, 26: 813–836.
- MACHALSKI M. & WALASZCZYK I. 1987 — Faunal condensation and mixing in the uppermost Maastrichtian/Danian Greensand (Middle Vistula Valley, Central Poland). *Acta Geol. Pol.*, 37: 75–91.
- McARTHUR J.M. 1983 — Offshore Peruvian phosphorite: a reappraisal of its age and genesis. *Chem. Geol.*, 38: 93–105.
- PERY D. 1980 — Planktonic foraminifers zonation of the Upper Cretaceous in the Middle Vistula river valley, Poland. *Palaeont. Pol.*, 41: 3–101.
- POPIEL-BARCZYK E. 1968 — Upper Cretaceous terebratulids (Brachiopoda) from the middle Vistula George. *Pr. Muz. Ziemi*, 12: 131–139.
- POŻARYSKA K. 1952 — Zagadnienia sedymentologiczne górnego mastrychtu i danu okolic Puław. *Biul. Państw. Inst. Geol.*, 81: 1–104.
- POŻARYSKA K. 1965 — Foraminifera and biostratigraphy of the Danian and Montian in Poland. *Palaeont. Pol.*, 14: 1–156.
- POŻARYSKI W. 1938 — Stratygrafia senonu w przełomie Wisły między Rachowem i Puławami. *Biul. Państw. Inst. Geol.*, 6: 1–94.
- POŻARYSKI W. 1960 — Zarys stratygrafii i paleografii kredy na Nizinie Polskiej. *Pr. Inst. Geol.*, 30: 377–418.
- RADWAŃSKI A. 1985 — Cretaceous. [In:] Bełka Z., Matyja B.A. & Radwański A. (eds.), *Field Guide to the geological Excursion to Poland: 71–78*. Uniwersytet Warszawski.
- ŚWIERCZEWSKA-GLADYSZ E. 2000 — Gąbki kampanu i mastrychtu z doliny środkowej Wisły. *Arch. Biblioteka Wyd. Geol. UW*.
- ŻARSKI M., JAKUBOWSKI G. & GAWOR-BIEDOWA E. 1998 — The first Polish find of Lower Paleocene crocodile *Thoracosaurus* Leidy, 1852: geological and palaeontological description. *Geol. Quarterly*, 42: 141–160.

Praca wpłynęła do redakcji 05.10.2005 r.
Akceptowano do druku 18.01.2006 r.