

## Wydarzenie *Cyrtograptus lundgreni* a rozwój retiolitów (Graptolithina) na platformie wschodnioeuropejskiej

Anna Kozłowska-Dawidziuk\*

Pilotażowe badania wyizolowanej fauny graptolitowej z profilu Bartoszyce IG 1, leżącego w obniżeniu nadbałtyckim platformy wschodnioeuropejskiej, wskazują na obecność wszystkich faz kryzysu i repopulacji fauny graptolitowej, związanych z sylurskim globalnym wydarzeniem *Cyrtograptus lundgreni*. Bezpośrednio po zespole graptolitowym *lundgreni/testis* stwierdzono w profilu cienką warstwę bez graptolitów, po której następuje interwał, wskazujący na pierwszą, krótką fazę kryzysu z nielicznymi karłowatymi formami: *Pristiograptus dubius parvus* i *Gothograptus nassa*. Po typowym zespole kryzysowym, masowo reprezentowanym przez *P. dubius* i *G. nassa*, jest obserwowana faza odradzania się fauny graptolitowej z *Colonograptus praedeubeli* i bujnie rozwiniętą fauną retiolitową linii ewolucyjnej *Spinograptus* wraz z dwoma nowymi gatunkami przypuszczalnie przodkami linii *Plectograptus*. Zmiany górnowenlockiej fauny graptolitowej z wiercenia Bartoszyce IG 1 odpowiadają zmianom z klasycznego profilu w Turynгии.

**Słowa kluczowe:** sylur, wydarzenie *lundgreni*, kryzys *nassa*, graptolity, retiolity, ewolucja, platforma wschodnioeuropejska

Anna Kozłowska-Dawidziuk — Retiolitids (Graptolithina) development after *Cyrtograptus lundgreni* Event in the East European Platform. Prz. Geol., 47: 354–358.

**S u m m a r y.** Preliminary study of isolated graptolite fauna from Bartoszyce IG 1 borehole of the East European Platform shows the presence of the *Cyrtograptus lundgreni* Event, *Gothograptus nassa* crisis and *Pristiograptus praedeubeli* recovery phase, well known in the world. After *Cyrtograptus lundgreni/Testograptus testis* Biozone, there is a short interval without graptolites. Above it appears assemblage of the dwarf species *Pristiograptus dubius parvus* and *Gothograptus nassa*. The next assemblage, with two taxa: *G. nassa* and *P. dubius* is rich in specimens, and already well known from Poland. The recovery phase in Bartoszyce borehole is represented by the zonal form *Colonograptus praedeubeli*, a rich diversity of species of the retiolitid genus *Spinograptus*, and two new species of the plectograptid lineage. The recognition for the first time the *P. dubius parvus* and *C. praedeubeli* Biozone in Bartoszyce IG 1 borehole permits correlation of the lower Silurian of the East European Platform with the key section of Thuringia.

**Key words:** Silurian, *lundgreni* Event, *nassa* crisis, graptolite, retiolites, evolution, East European Platform

Jednym z najdramatyczniejszych momentów w historii graptolitów było sylurskie wydarzenie *lundgreni*. Nastąpiło ono w późnym wenloku. W jego następstwie wymarła prawie cała planktonowa fauna graptolitów, które od ordowiku panowały w oceanach i zbiornikach morskich całego świata. Uważa się, że podczas masowego wymierania liczba gatunków graptolitów spadła do dwóch. Obok oportunistycznego gatunku monograptida *Pristiograptus dubius*, przetrwał jeden przedstawiciel rodziny retiolitidów, *Gothograptus nassa*.

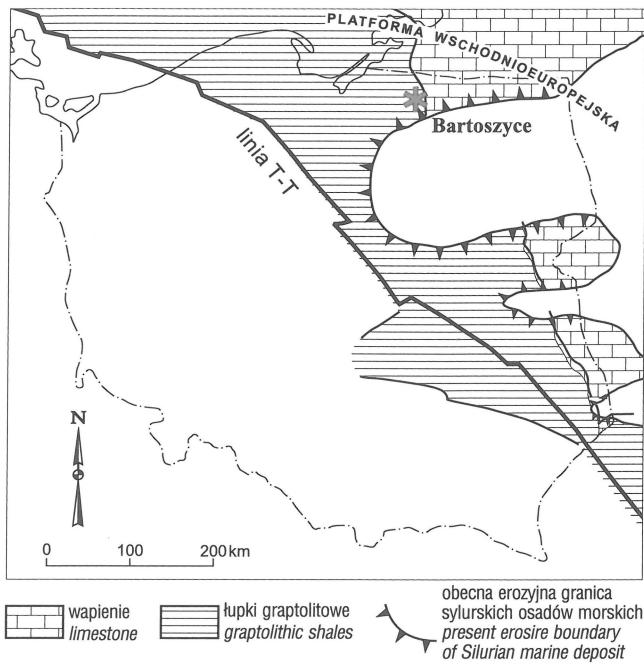
Przyczyny wydarzenia *lundgreni* są dziś przedmiotem licznych badań i spekulacji. Jest ono udokumentowane dzięki badaniom litologicznym (Jaeger, 1991), geochemicznym (Corfield i in., 1992; Porębska, 1998), geofizycznym (Tomczykowa & Tomczyk, 1994) i faunistycznym — głównie badaniom graptolitów. Przypuszcza się, że dramatyczne zmiany warunków życia graptolitów zostały wywołane splyceniem morza (Johnson & McKerrow, 1991) lub też zmianą chemizmu wód morskich (Berry i in., 1987). W okresie wymierania graptolitów obserwuje się globalne zmniejszenie stężenia tlenu atmosferycznego i wzrost temperatury, co w rezultacie spowodowało ekspansję wód słabo natlenionych w głębsze partie oceanów, tworząc warunki nie do przeżycia dla graptolitów. Warunki te pogarszało jednoczesne splykanie, o tektonicznej genezie i osłabienie systemu prądów wznoszących (*upwelling system*) (Qinby-Hunt & Berry, 1991). Ostatnie badania geochemiczne z Sudetów (Porębska, 1998) wskazują na możliwość korelowania wymierania graptolitów po wyda-

zeniu *lundgreni* z obniżeniem produkcji pierwotnej, będącej konsekwencją osłabienia systemu prądów wznoszących. Osłabienie to zahamowało obieg substancji pokarmowych, a znaczący niedobór fosforu, krzemu i szczególnie azotu spowodował spadek produktywności. W następstwie tych procesów wymarły planktoniczne filtry, jakimi były właśnie graptolity. Jedynie formy małe, żyjące przy powierzchni, takie jak *Pristiograptus dubius parvus* i *Gothograptus nassa*, miały szansę przeżycia.

Rozwój fauny monograptidowej zarówno w fazie bujnego rozkwitu przed wydarzeniem *lundgreni*, podczas kryzysu biologicznego *nassa*, jak i w czasie pokryzysowej radiacji został szczegółowo udokumentowany w wielu regionach świata: Turynгии (Jaeger, 1991), Litwie (Ulst, 1974), Kazachstanie (Koren' i in., 1994) i arktycznej Kanadzie (Lenz, 1993). Nie ma jak dotąd pełnych danych na temat rozwoju monograptidów i retiolitów z pogranicza wenloku i ludlowu z terenów Polski, mimo, iż sylurska fauna zarówno monograptidowa (Tomczyk, 1962; Urbanek 1970; Teller, 1986) jak i retiolitowa (Kozłowska-Dawidziuk, 1990, 1995, 1997) jest bogata i dobrze rozpoznana. Świadczyć może o tym fakt wydzielenia 53 poziomów graptolitowych dla syluru Polski (Tomczyk, 1990), a niezależnie 33 poziomów graptolitowych (Urbanek & Teller, 1997) dla wenloku, ludlowu i przidolu części platformowej. Na podstawie polskich poziomów graptolitowych Międzynarodowa Komisja Stratygrafii Syluru przyjęła kilka biozon standardowych syluru.

Niniejszy artykuł prezentuje wyniki pilotażowych badań nad wyizolowanymi graptolitami, szczególnie retiolitami, z przełomu wenloku i ludlowu wiercenia Bartoszyce IG 1 z platformy wschodnioeuropejskiej. Badania te są pierwszym etapem poznania wydarzenia *lundgreni* na platformie wschodnioeuropejskiej. Zostaną one wzbogacone

\*Instytut Paleobiologii, Polska Akademia Nauk, ul. Twarda 51/55, 00-818 Warszawa



Ryc. 1. Facje wenloku w północno-wschodniej Polsce (za Tomczykową & Tomczykiem, 1994)

Fig. 1. Facies distribution in the late Wenlock of NE Poland (after Tomczykowa & Tomczyk, 1994)

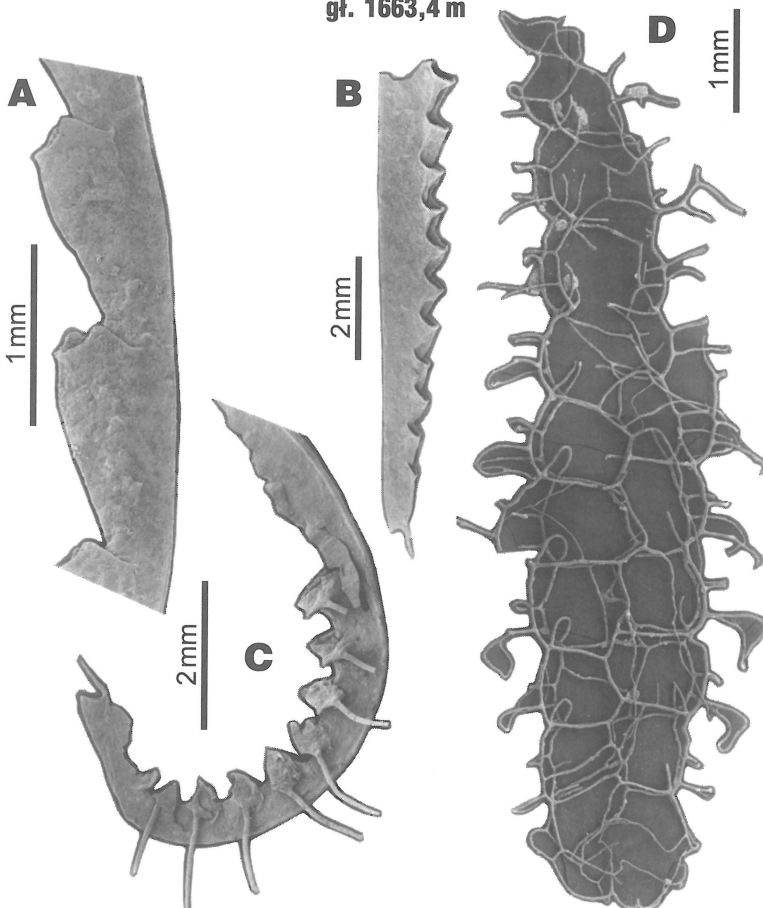
poznaniem pierwotnych producentów — zespołów akritarchowych, chitinozoa oraz badaniami geochemicznymi.

#### Wiercenie Bartoszyce IG 1

Wiercenie Bartoszyce jest usytuowane we wschodniej części obniżenia nadbałtyckiego (ryc. 1). Osady sylurskie mają miąższość około 330 m, a reprezentowane są przez

łupki ilasto-margliste z wkładkami wapieni z bogatą fauną graptolitów, trylobitów, ramienionogów, małżów i głownogów (Tomczyk, 1974). Litofacja ta wskazuje na sedymentację w środowisku płytkim, związanym raczej z obszarem Litwy niż z zachodnią częścią obniżenia nadbałtyckiego. Dotychczasowe badania graptolitów z tego wiercenia (Jaworowski, 1965; Tomczyk, 1974) były prowadzone nad fauną niewyzolonowaną ze skały. Prezent-

#### Wiercenie Bartoszyce IG 1 gł. 1663,4 m

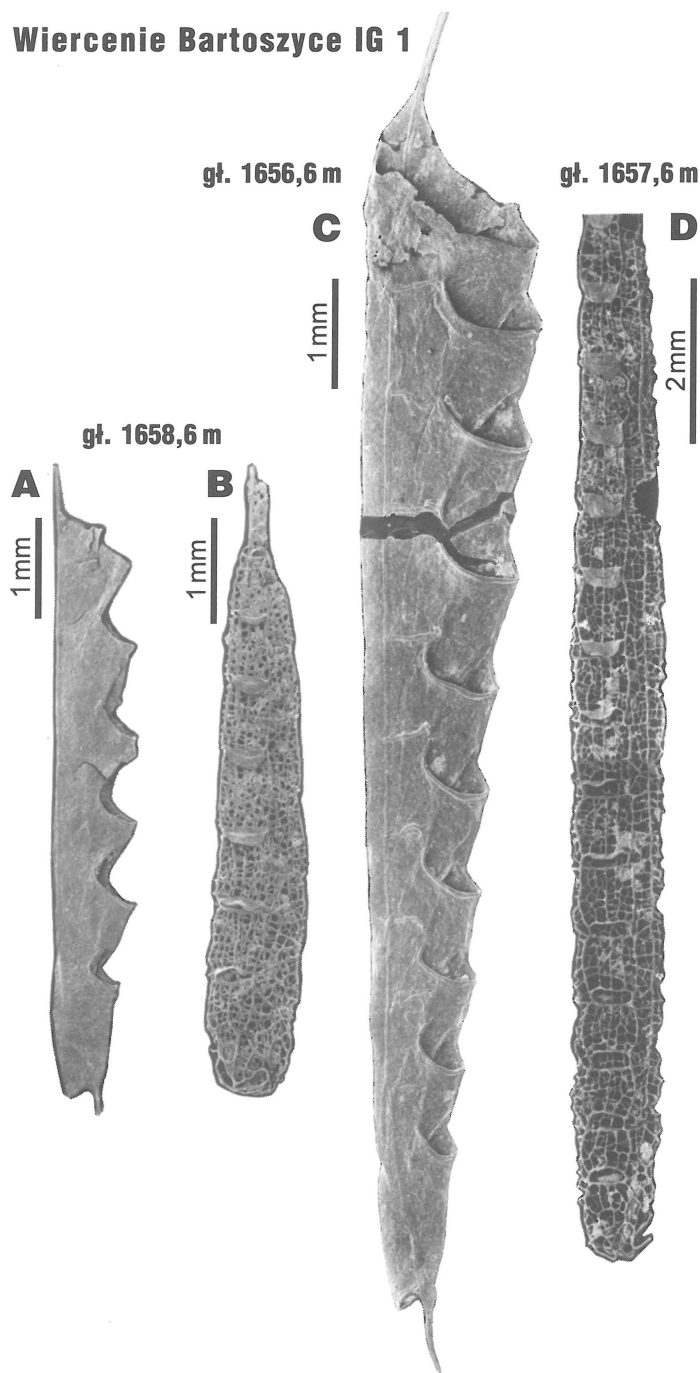


Ryc. 2. Zespół graptolitowy biozony *lundgreni/testis*, wiercenia Bartoszyce IG 1, głębokość 1663,4 m, A — *Cyrtograptus hamatus* (Baily), fragment kładium tekalnego; B — *Pristiograptus dubius* (Suess); C — *Testograptus testis* (Barrande), fragment proksymalnej części rhabdozomu; D — retiolit z nowego rodzaju A  
Fig. 2. Assemblage of graptolites of the *lundgreni/testis* Biozone, the Bartoszyce IG 1 borehole, depth 1663.4 m, A — *Cyrtograptus hamatus* (Baily), fragment of thecal cladium; B — *Pristiograptus dubius* (Suess); C — *Testograptus testis* (Barrande), fragment of proximal part of rhabdosome; D — retiolite new genus A

wane wyniki są rezultatem wstępnych badań wyizolowanej fauny graptolitowej górnego wenloku. Skały rozpuszczano w kwasach solnym i fluorowodorowym. Zdjęcia wykonano w mikroskopie elektronowym Philips XL w Instytucie Paleobiologii PAN.

#### Fauna graptolitowa przed wydarzeniem *lundgreni*

### Wiercenie Bartoszyce IG 1



Ryc. 3. Zespół graptolitowy wiercenia Bartoszyce IG 1; A i B — karłowate formy z biozony *dubius parvus*, głębokość 1658,6 m, A — *Pristiograptus dubius parvus* (Ulst); B — *Gothograptus nassa* Holm; C i D biozona *dubius/nassa*: C — *Pristiograptus dubius* Suess, głębokość 1656,6 m; D — *Gothograptus nassa* Holm, głębokość 1657,6 m

Fig. 3. Assemblage of graptolites from the Bartoszyce IG 1 borehole; A and B — dwarf forms of the *dubius parvus* Biozone — depth 1658.6 m, A — *Pristiograptus dubius parvus* (Ulst); B — *Gothograptus nassa* Holm; C and D — the *dubius/nassa* biozone: C — *Pristiograptus dubius* Suess, depth 1656.6 m, D — *Gothograptus nassa* Holm, depth 1657.6 m

W wierceniu Bartoszyce obserwuje się typową faunę graptolitową w poziomie *lundgreni/testis* opisywaną już w sylurze polskim (Tomczyk, 1962; Jaworowski, 1965; Urbanek & Teller, 1974) (ryc. 2). W obrębie około 50 m profilu występują tu jeszcze dość licznie ostatnie cyrtograptusy, które po wydarzeniu *lundgreni* znikają bezpowrotnie. Są reprezentowane przez *Cyrtograptus lundgreni* i *C. hamatus*. Monograptidy reprezentowane są przez *Pristiograptus dubius*, *Testograptus testis*, *Monoclimacis* sp. i *Monograptus flemingi*. Jako jedyny przedstawiciel retiolitów w zespole tym występuje, nieopisywany dotąd gatunek retiolita z nieznanego jeszcze rodzaju, zwanego tutaj genus A (ryc. 2D). Skomplikowana i niespotykana budowa jego rabdozomu nie pozwala na bezpośrednie łączenie go z poznanymi dotąd grupami retiolitów. Genus A jest najliczniejszym graptolitem w omawianym zespole. Inny retiolit, należący do poziomu *C. lundgreni/T. testis*. Przedstawiciel linii ewolucyjnej *Gothograptus*, został ostatnio wyizolowany z profilu wiercenia Proniewicze. Forma ta przypomina *Gothograptus kozłowski* (Kozłowska-Dawidziuk, 1990) i może być przodkiem *G. nassa*.

#### Faza kryzysowa *parvus*

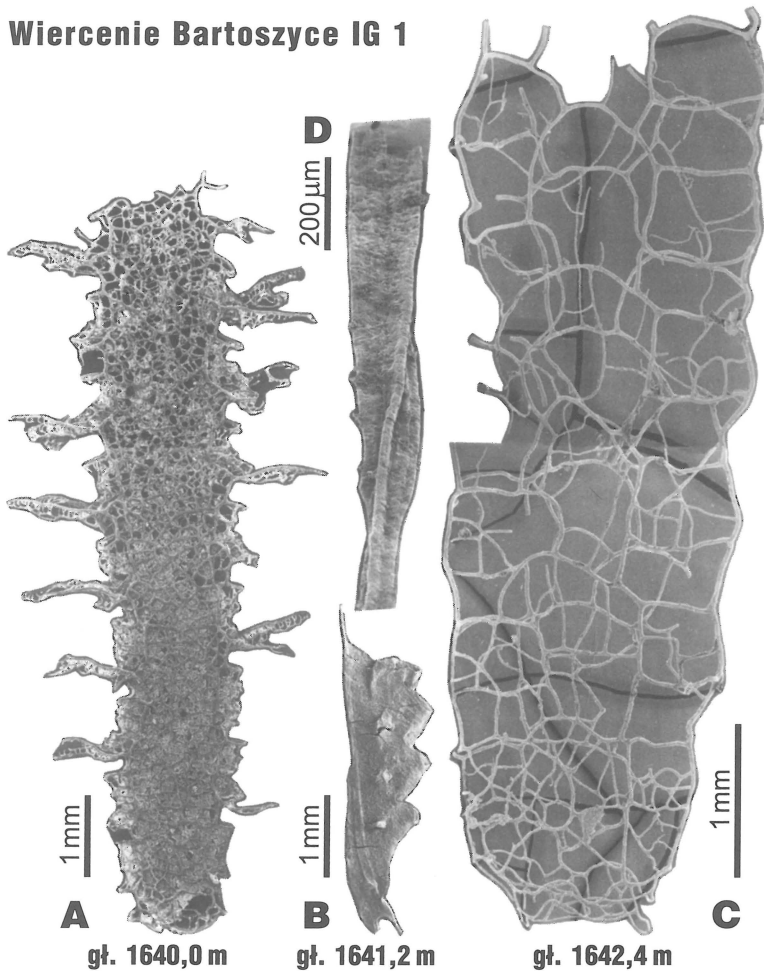
Po obfitym w graptolity zespole *lundgreni/testis* około metrowy odcinek rdzenia Bartoszyce nie zawiera żadnej fauny. Pomiary geofizyczne profilu wskazują na silne odchylenie krzywej gamma właśnie na tej głębokości (Tomczyk & Tomczykowa, 1994). Tak wyraźna zmiana jest niewątpliwie skutkiem wydarzenia *lundgreni*, zapowiedzią wielkiego kryzysu w historii fauny graptolitowej.

Pierwszy zespół graptolitów jaki pojawia się po wydarzeniu jest nieliczny i ubogi w gatunki. Na odcinku około 1 m występują tu jedynie dwa gatunki: monograptid — *Pristiograptus dubius parvus* i retiolit — *Gothograptus nassa* (ryc. 3). Graptolity są małych rozmiarów, są to charakterystyczne kryzysowe formy karłowate. *P. dubius parvus* był po raz pierwszy opisany na Litwie (Ulst, 1974) jako *P. parvus*, a następnie w klasycznym profilu Turyngii (Jaeger, 1991). *P. dubius parvus* jest najprawdopodobniej ekofenetycznym morfotypem *P. dubius*. Małe rozmiary rabdozomów i, jak się wydaje strategia rozwojowa R (szybka reprodukcja i tym samym szybka przemiana pokoleń) tłumaczone są trudnymi, kryzysowymi warunkami środowiska (Jaeger, 1991; Koren' & Urbanek, 1994). Wydaje się, że gatunek ten jako jedyny spośród monograptidów przetrwał wydarzenie *lundgreni*, a tym samym odegrał ważną rolę w historii graptolitów. Wkrótce został zastąpiony przez normalnych rozmiarów *P. dubius*, od którego oddzieliły się dwie linie ewolucyjne: *P. idoneus* i *P. praedeubeli*, prekursorskie dla ludlowskich monograptidów (Koren' & Urbanek, 1994). Faza przedkryzysowa *dubius parvus* jest po raz pierwszy notowana w sylurze polskim, znana jest zaś m.in. z Hiszpanii (Jaeger & Robardet, 1979), z klasycznego profilu Turyngii (Jaeger, 1991) i z Barrandienu (Kříž, 1992).

#### Kryzys *dubius/nassa*

Zespół kryzysowy *dubius/nassa* jest znany z wielu miejsc świata, był opisywany również w Polsce (Tom-

## Wiercenie Bartoszyce IG 1



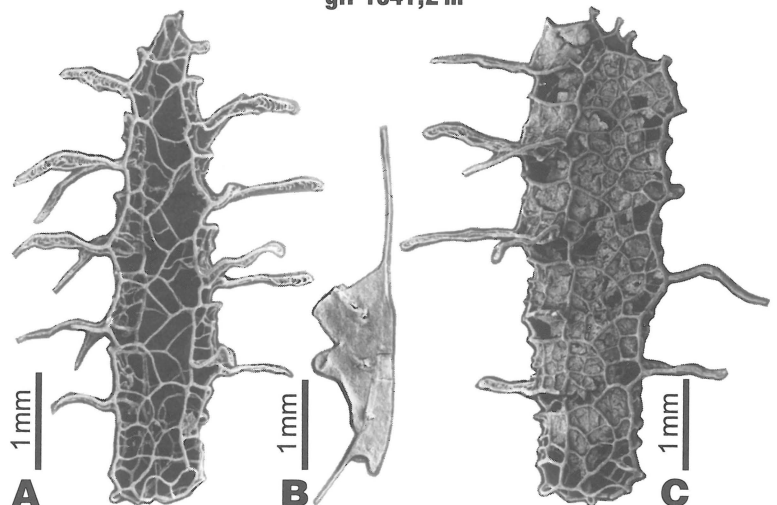
Ryc. 4. Zespół graptolitowy biozony *Colonograptus praedeubeli*, wiercenie Bartoszyce IG 1, A — *Spinograptus latespinosus* Kozłowska-Dawidziuk, gł. 1640,0, B — *Colonograptus praedeubeli* (Jaeger), gł. 1641,2 m, C i D — retiolit nowego rodzaju B, gł. 1642,4 m: C — rabdozom, D — fragment nematularium

Fig. 4. Assemblage of graptolites of the *Colonograptus praedeubeli* Biozone, the Bartoszyce IG 1 borehole, A — *Spinograptus latespinosus* Kozłowska-Dawidziuk, depth 1640.0, B — *Colonograptus praedeubeli* (Jaeger), depth 1641.2 m, C and D — retiolite of a new genus B, depth 1642,4 m: C — rhabdosome, D — fragment of nematularium

czy, 1962). Charakteryzuje się globalnym, masowym występowaniem dwóch gatunków graptolitów: *Gothograptus nassa* i *Pristiograptus dubius* (ryc. 3). Jest to podobny zespół do wyżej opisanego jeśli chodzi o gatunki, lecz są to formy większe i masowo występujące. W profilu Bartoszyce znajduje się bezpośrednio nad zespołem *dubius parvus* i sięga około 10 m miąższości. *P. dubius* odegrał w tym okresie, jak już wspomniano, decydującą rolę dla ewolucji monograptidów, gdyż rozwinięte z tej formy, wyżej wymienione dwa gatunki dały w dalszym rozwoju początek większości późniejszych linii ewolucyjnych monograptidów: bohemograptidom, linograptidom, kukullograptidom, neokukullograptidom i formom „kolczastym” (*Colonograptus*, *Saetograptus*) (Koren' & Urbanek, 1994).

W obrębie populacji retiolitów *G. nassa* obserwuje się zróżnicowanie długości rabdozomów dojrzałych oraz różne wielkości i zmienne położenie daszków aperturalnych. Współwystępują tu formy posiadające daszki w proksymalnej, medialnej lub dystalnej części rabdozomu, a także na całej jego długości. Dominują formy dłuższe, o większej liczbie tek w rabdozomach dojrzałych zakończonych apendyksem. Rabdozomy różnią się również wielkością apendyksu, organu o tajemniczej funkcji, położonego w najmłodszej części kolonii (p. Kozłowska-Dawidziuk, 1997). *G. nassa* uważany jest za przodka *Holoretiolites* i *Neogothograptus*, czyli

ludlowskich przedstawicieli linii ewolucyjnej *Gothograptus* (Kozłowska-Dawidziuk, 1990). Wydaje się jednak, iż

Wiercenie Bartoszyce IG 1  
gł. 1641,2 m

Ryc. 5. Zespół graptolitowy biozony *Colonograptus praedeubeli*, wiercenie Bartoszyce IG 1, głębokość 1641,2 m: A i C — *Spinograptus reticulolawsoni* Kozłowska-Dawidziuk, B — *Colonograptus praedeubeli* (Jaeger)

Fig. 5. Assemblage of graptolites of the *Colonograptus praedeubeli* Biozone, the Bartoszyce IG 1 borehole, depth 1641.2 m: A i C — *Spinograptus reticulolawsoni* Kozłowska-Dawidziuk, B — *Colonograptus praedeubeli* (Jaeger)

przodek linii *Plectograptus* należał do spinograptusów, które po wydarzeniu *lundgreni* prawdopodobnie rozwijały się w refugiach.

### Faza pokryzysowej radiacji *Colonograptus praedeubeli*

Poprawa warunków środowiskowych zaowocowała bujnym rozkwitem graptolitów, a szczególnie retiolitów. Spośród monograptidów w wierceniach Bartoszyce, bezpośrednio nad interwałem *dubius/nassa*, występuje *Colonograptus praedeubeli*, obok oportunistycznego taksonu *Pristiograptus dubius*. *C. praedeubeli* (ryc. 4B, 5B) jest formą po raz pierwszy obserwowaną w sylurze polskim (Kozowska-Dawidziuk, 1997). *C. praedeubeli* był opisywany w ostatnich latach nie tylko w Europie, lecz również w Ameryce Płn. i Płd., Afryce Płn., Australii i Azji (Jaeger, 1991; Lenz, 1980; Lenz & Melchin, 1989; Koren' & Suyarkova, 1994). Jest uważany za bezpośrednią formę wyjściową dla ludlowskich monograptidów „kolczastych” (Koren' & Urbanek, 1994).

Retiolity tego interwału w wierceniach Bartoszyce występują licznie i są reprezentowane przez dwie grupy: *Spinograptus* i *Plectograptus*? (ryc. 4, 5). Są to najwcześniejsze spinograptusy w historii ewolucyjnej retiolitów. Cechy morfologiczne tych retiolitów wskazują, iż nie są bezpośrednimi potomkami *G. nassa*. Przodkami ich mogą być formy łazarzowe, rozwijające się podczas kryzysu *nassa* w refugiach. Spinograptusy zony *praedeubeli* reprezentowane są w wierceniach Bartoszyce przez: *S. reticulolawsoni* (ryc. 5A, C), *S. latespinosus* (ryc. 4A), *S. sp.*, *S. cf. latespinosus*. Posiadają charakterystyczne wyrostki aperturalne, których zróżnicowanie, obok stopnia retikulacji rabdozomu, jest cechą gatunkową (Kozowska-Dawidziuk, 1997). W obrębie populacji spinograptusów z Bartoszyce większość rabdozomów zachowała się z wyjątkowo rzadką membraną (ryc. 5C) struktury zewnętrznej, w której mieścił się właściwy szkielet tekalny. Membrany te zachowują się w stanie kopalnym wyjątkowo rzadko i są opisywane jedynie w materiale z arktycznej Kanady (Lenz, 1994) i z Polski (Kozowska-Dawidziuk, 1997).

Odmianą grupę retiolitów reprezentują dwa nieopisywane do tej pory gatunki, należące do nowego rodzaju, nazwanego wstępnie B (ryc. 4C), najprawdopodobniej związanego z linią ewolucyjną *Plectograptus*. Są to formy duże, pokrojem rabdozomu zbliżone do *Plectograptus*, lecz w części proksymalnej nie występuje u nich znaczna redukcja perydermy, charakterystyczna dla *Plectograptus macilentus*. Podobnie jak u *Plectograptus* poza rabdozom wystaje nematularium (ryc. 4D). Jest to organ zbudowany z trzech, skręconych spiralnie płatów, wydłużonych w płaszczyźnie pionowej, powstałych z dystalnego rozszerzenia nemy. Być może jest to forma wyjściowa dla ludlowskich plektograptusów.

### Wnioski

1. Rozpoznanie biozon *P. dubius parvus* i *C. praedeubeli* pozwala na korelację profilu Bartoszyce IG 1 z klasycznym profilem w Turynii.

2. Fauna retiolitowa zarówno przed kryzysem *nassa*, jak i w fazie pokryzysowego rozkwitu odgrywała większą rolę niż powszechnie się uważa. Świadczą o tym nowe,

przedstawione tutaj formy, które najprawdopodobniej występują nie tylko na platformie wschodnieuropejskiej.

### Literatura

- CORFIELD R.M., SIVETER D.J., CARLIGE J.E. & MCKERROW S. 1992 — Carbon isotope excursion near the Wenlock–Ludlow. *Geology*, 20: 371–374.
- BARRY W.B.N., WILDE P. & QUINBY-HUNT M.S. 1987 — The oceanic nonsulfid oxygen minimum zone: a habitat for graptolites? *Bull. Geol. Soc. Denmark*, 35: 103–114.
- JAEGER H. & ROBARDET M. 1979 — Le Silurien et le Devonien basal dans le Nord de la Province de Seville (Espagne). *Geobios*, 12: 687–714.
- JAEGER H. 1991 — Neue Standard-Graptolithenzonenfolge nach der „Grossen Krise“ an der Wenlock/Ludlow — Grenze (Silur). *N. Jb. Geol. Paläont.*, 182: 303–354.
- JAWOROWSKI K. 1965 — Strop warstw pasłeckich w obniżeniu litewskim a granica wenlock–ludlow. *Kwart. Geol.*, 9: 511–528.
- JOHNSON M.E. & MCKERROW W.S. 1991 — Sea level and faunal changes during the lates Llandovery and the Earliest Ludlow (Silurian). *Historical Biology*, 5: 153–169.
- KOREN' T. & SUYARKOVA A.A. 1994 — *Monograptus deubeli* and *praedeubeli* (Wenlock, Silurian) in the Asian part of the former Soviet Union. *Alcheringa*, 18: 87–101.
- KOREN' T. & URBANEK A. 1994 — Adaptive radiation of monograptids after the Late Wenlock crisis. *Acta Palaeont. Pol.*, 39, 137–167.
- KOZŁOWSKA-DAWIDZIUK A. 1990 — The genus *Gothograptus* (Graptolithina) from the Wenlock of Poland. *Acta Palaeont. Pol.*, 35, 191–209.
- KOZŁOWSKA-DAWIDZIUK A. 1995 — Silurian retiolitids of the East European Platform. *Acta Palaeont. Pol.*, 40: 261–326.
- KOZŁOWSKA-DAWIDZIUK A. 1997 — Retiolitid graptolite *Spinograptus* from Poland and its membrane structure. *Acta Palaeont. Pol.*, 42: 391–412.
- KRIŽ J. 1992 — Silurian Field Excursion. Prague Basin (Barrandian), Bohemia. National Museum of Wales, Geological Series 13: 1–103.
- LENZ A.C. 1987 — Silurian retiolitids from the Cape Philips Formation, Arctic Islands, Canada. *Bull. Geol. Soc. Denmark*, 35: 161–170.
- LENZ A.C. 1993 — Late Wenlock–Ludlow (Silurian) graptolite extinction, evolution and biostratigraphy: perspectives from Arctic Canada. *Canadian J. Earth Sci.*, 30: 491–502.
- LENZ A.C. 1994 — A sclerotized retiolitid, and its bearing on the origin and evolution of Silurian retiolitid graptolites. *J. Palaeont.*, 68: 1344–1349.
- LENZ A.C. & MELCHIN M.J. 1989 — Wenlock (Silurian) graptolites, Cape Philips Formation, Canadian Arctic Islands. *Canadian J. Earth Sci.*, 82: 211–237.
- PORĘBSKA E. 1998 — *Cyrtograptus lundgreni* Event recorded in an upwelling sequence in the Sudetes (SW Poland). *Temas Geologico–Mineros ITGE*, 23: 248–251.
- QUINBY-HUNT M.S. & BERRY W.B.N. 1991 — Late Wenlock (Middle Silurian) global bioevent: possible chemical cause for mass graptolite mortalities. *Historical Biology*, 5: 171–181.
- TELLER L. 1986 — Morphology of selected Monograptidae from the Wenlock of the NE Poland. *Palaeontographica*, 192: 51–73.
- TOMCZYK H. 1962 — Problem stratygrafii ordowiku i syluru w Polsce w świetle ostatnich badań. *Pr. Inst. Geol.*, 35: 1–135.
- TOMCZYK H. 1974 — Profile głębokich otworów wiertniczych Instytutu Geologicznego, Bartoszyce, Gołdap, 14: 1–362.
- TOMCZYK H. 1990 — Występowanie osadów syluru na obszarze Polski. *Budowa Geologiczna Polski. Wyd. Geol.*: 272–280.
- TOMCZYKOWA E. & TOMCZYK H. 1994 — The Wenlock/Ludlow boundary based on biostratigraphical and geophysical data of Poland. [W:] IUGS Subcommission on Silurian Stratigraphy — Field Meeting 1994; *Bibl. Geol. B.–A.* 30/1994, Vienna: 152–153.
- ULST R.Z. 1974 — Posledovatel'nost' pristiograptov v pogranichnykh otlozheniyakh venloka i ludlova v Srednei Pribaltike. [W:] Obut A.M. (red.), *Graptolites of the USSR. Nauka, Siberian Branch, Novosibirsk*: 105–122.
- URBANEK A. 1970 — *Neocucullograptinae* n. subfam. (Graptolithina) — their evolutionary and stratigraphic bearing. *Acta Palaeont. Pol.*, 21: 164–373.
- URBANEK, A. & TELLER L. 1974 — Sicula and theca in *Monograptus (Testograptus) testis*. *Spec. Pap. Palaeont.*, 13: 237–248.
- URBANEK A. & TELLER L. 1997 — Graptolites and stratigraphy of the Wenlock and Ludlow Series in the East European Platform. *Palaeont. Pol.*, 56: 1–272.