

ANTONI PIZON, TADEUSZ MAREK PERYT, JÓZEF DĘBSKI

Instytut Geologiczny

ŚRODOWISKO POWSTANIA POLIHALITÓW CECHSZTYŃSKICH W REJONIE ZATOKI PUCKIEJ

UKD 553.631/.632.068.2:551.736:552.143(438 – 17:26.4 Zatoka Pucka)

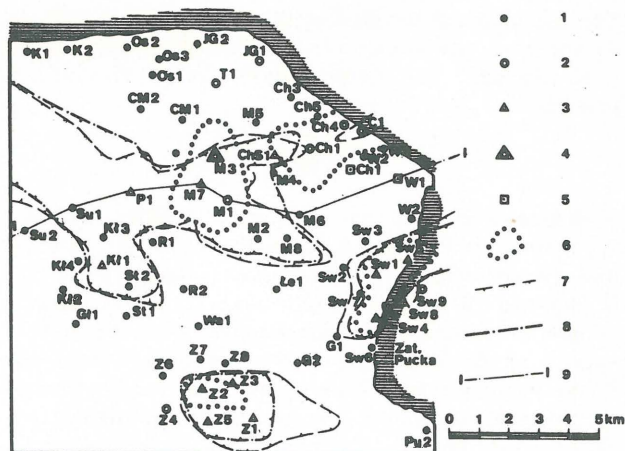
W rejonie Zatoki Puckiej (ryc. 1) akumulacje polihalitu stwierdzono w obrębie cechsztyńskich utworów siarczanowych i chlorkowych cyklu pierwszego (PZ1, werra) (omówienie: 13; zob. też 9), przy czym geneza polihalitu budziła duże kontrowersje. W niniejszej pracy przedstawiona zostanie rekonstrukcja warunków, w jakich – jak na to wskazują badania sedimentologiczne i paleogeograficzne – doszło do powstania nagromadzeń polihalitu w rejonie Zatoki Puckiej. Przedyskutowany zostanie ponadto problem wpływu wód słodkich na ewaporaty cechsztyńskie w czasie okresowych wycofywań się morza cechsztyńskiego z omawianego obszaru, po okresie depozycji soli najstarszej.

Ze względu na rozbieżne pojmowanie przez wielu autorów pierwotności w wypadku minerału polihalitu, niezbędne jest sprecyzowanie tej kwestii. Jak wiadomo, polihalit powstaje w wyniku wtórnej reakcji solanki $K-Mg-SO_4$, ulegającej ewaporacji, z wcześniej utworzonym

gipsem, anhydrytem lub glauberitem. Jest on zatem syndeponicznym minerałem, będącym produktem równowagi i powstającym przez reakcję wcześniejszego precypitatu z solanką ulegającą ewaporacji. Wymagany warunkiem takiej syndeponicyjnej genezy jest długotrwały kontakt (wiele miesięcy, a nawet lat) ewoluującej solanki z minerałem-prekursorem (6). Z tego też względu uważa się, że kiedy możliwa jest do wykazania geneza syndeponicyjna, to pomimo obecności tekstur typowo zastąpieniowych minerały reakcyjne powinny być uważane za właściwą część pierwotnej sekwencji depozycyjnej (7).

WYKSZTAŁCENIE POLIHALITÓW

Charakterystyczną cechą polihalitów, występujących w obrębie serii siarczanowej (polihality śródanhydrytowe – 14), są stopniowe przejścia od anhydrytów i do



Ryc. 1. Występowanie polihalitu w rejonie Zatoki Puckiej.

Otwory wiertnicze, w których: 1 – nie stwierdzono polihalitu, 2 – stwierdzono polihalit wśród soli kamiennej, 3 – stwierdzono polihalit wśród anhydrytu dolnego, 4 – stwierdzono polihalit wśród soli kamiennej i anhydrytu dolnego, 5 – stwierdzono chlorkowe sole potasowe, 6 – kontury udokumentowanych złóż polihalitu, 7 – obszary o miąższości anhydrytu dolnego powyżej 100 m, 8 – obszar o miąższości soli kamiennej <100 m, 9 – linia przekroju geologicznego.

Fig. 1. Distribution of polyhalite of the Puck Bay region.

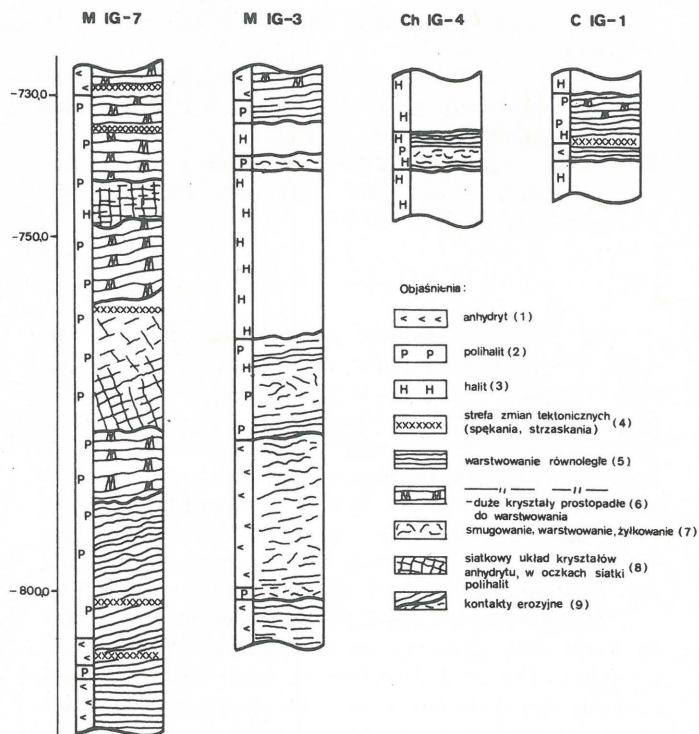
1 – boreholes recording the lack of polyhalite, 2 – boreholes recording polyhalite in Oldest Halite, 3 – as above, in Lower Anhydrite, 4 – as above, in Oldest Halite and Lower Anhydrite, 5 – boreholes recording potassium chloride salts, 6 – contours of proven polyhalite deposits, 7 – areas with Lower Anhydrite over 100 m thick, 8 – areas with Oldest Halite below 100 m thick, 9 – line of geological cross-section.

anhydrytów, a często obserwuje się alternację osadów siarczanowych ubogich i bogatych w polihalit. Podobnie jak współwystępujące utwory anhydrytowe, serię polihalitonośną cechuje obecność tekstur żyłkowanych i pasemkowanych, które – jak się uważa (3, 11) – powstały w środowisku głównie płytkowodnym. Jedynie w spągowej części serii polihalitonośnej dość często obserwuje się warstwowanie równoległe, typowe dla spokojnych środowisk sedimentacji siarczanów (3, 14). W obrębie serii polihalitonośnej dość często spotyka się kontakty erozyjne (ryc. 2), co – jak się zdaje – jest następstwem nagłych zmian stężenia solanki, jakich można się spodziewać w bardzo płytkich środowiskach ewaporatowych.

Inaczej wykształcone są polihalitaly tworzące przewarstwienia w obrębie serii chlorkowej (polihalitaly śródsolne – 14) (ryc. 2). Cechuje je bowiem obecność warstwowania równoległego, o wyraźnej rytmiczności sedimentacji, z laminami dolomitowo-ilastymi co 2–3 cm. Wydaje się, że polihalitaly te powstały w środowisku nieco głębszym niż to, w którym powstały polihalitaly śródanhydrytowe. Badania paleogeograficzne potwierdzają powyższe wnioski.

SEDYMENTACJA POLIHALITÓW ŚRÓDANHYDRYTOWYCH

Na całym obszarze Zatoki Puckiej można wyróżnić, w obrębie utworów anhydrytu dolnego, dwa cykle o charakterze transgresywnym (11; ryc. 3). W wyniku sedimentacji utworów tych dwóch cykli nastąpiło znaczne zróżnicowanie morfologii dna zbiornika, powstał bowiem system



Ryc. 2. Wykształcenie osadów polihalitonośnych w wybranych otworach wiertniczych.

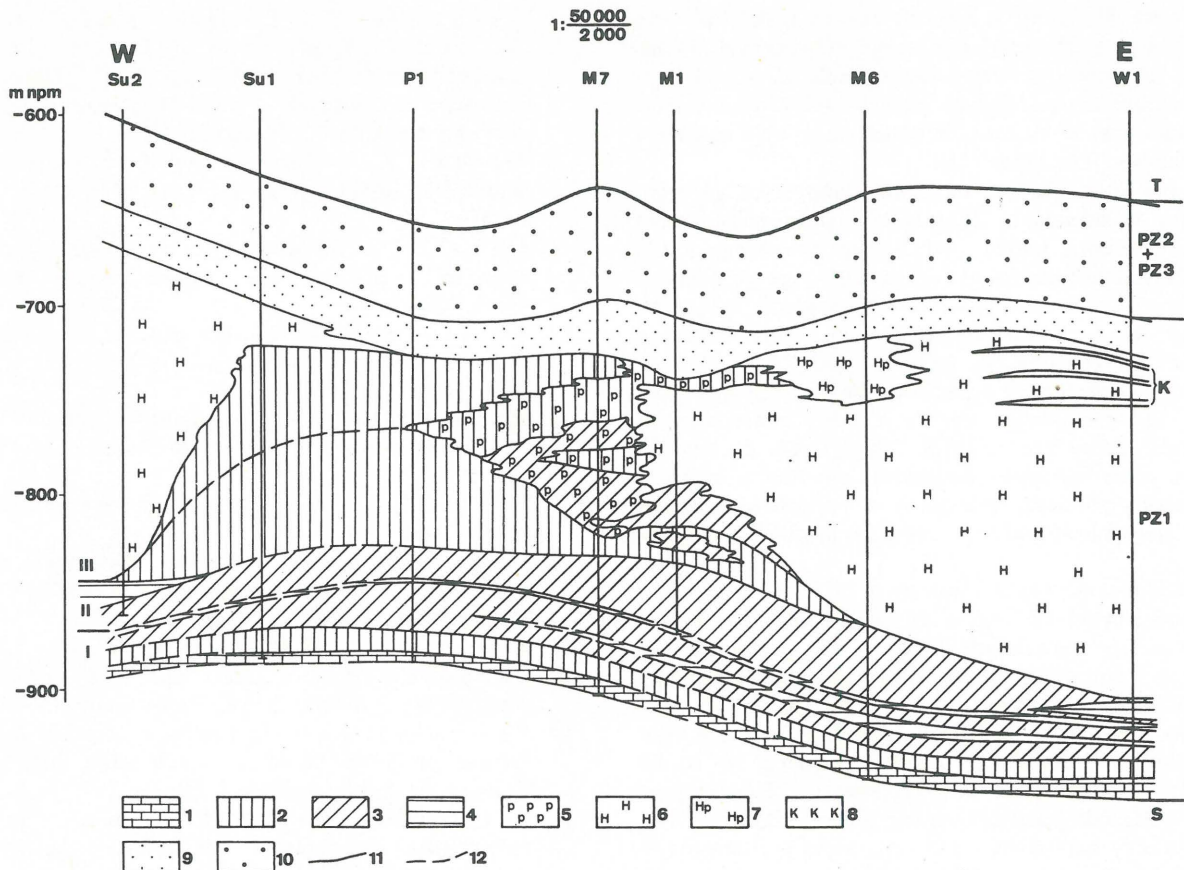
Fig. 2. Polyhalite deposits in selected boreholes.

1 – anhydrite, 2 – polyhalite, 3 – halite, 4 – tectonic zones (veins), 5 – parallel bedding, 6 – parallel bedding – big crystals perpendicular to the bedding, 7 – flaser bedding, 8 – network arrangement of anhydrite crystals, polyhalite in mesh, 9 – erosional contacts.

platform siarczanowych i przylegających basenów (11). Czynniki, które uwarunkowały powstanie platform siarczanowych, nie są do końca wyjaśnione (3, 4, 11), przy czym fakt istnienia dość znacznych różnic głębokości nie budzi wątpliwości, ze względu na obecność utworów o zaburzonej laminacji, interpretowanych jako spływy (3). Biorąc pod uwagę znikome zróżnicowanie reliefu pod koniec sedimentacji wapienia cechsztyńskiego (11) oraz duże zróżnicowanie miąższości utworów dwóch cykli anhydrytu dolnego (poniżej 40 m w basenach i do przeszło 160 m na platformach) ocenia się, że maksymalna różnica głębokości pomiędzy basenami oraz najpłytszymi częściami platform siarczanowych wynosiła, u schyłku depozycji utworów cyklu drugiego, co najmniej 120 m.

W basenach, po okresie sedimentacji utworów cyklu drugiego, rozpoczęła się akumulacja chlorków (ryc. 3). Powstawały one w warunkach o średniej dynamice wód i przy ograniczonej ich wymianie z otwartym morzem (1, 11). W tym samym czasie na obszarze platform trwała akumulacja siarczanów. Jednocześnie powstawania chlorków i siarczanów była prawdopodobnie związana z powstaniem stratyfikacji gęstościowej w basenie o znacznym zróżnicowaniu batymetrycznym.

We współczesnych środowiskach ewaporatowych polihalit stwierdzono na obszarach sebhya (8, 10, 12), a asocjacja kopalnych soli potasowych z utworami międzyzplywowymi i płytkowodnymi (jak np. w cechsztynie Yorkshire – 16) również zdaje się wskazywać, że większość tych utworów powstała w salinach i sebhach. W wypadku serii polihalitowej w rejonie Zatoki Puckiej nie stwierdzono cech świad-



Ryc. 3. Przekrój przez utwory cechsztyńskie w rejonie Mieroszyna i rekonstrukcja środowisk, w jakich powstały polihality (wykształcenie anhydrytu dolnego według J. Dębskiego).

Fig. 3. Cross-section of the Zechstein deposits in the Mieroszyno region and the reconstruction of environments in which polyhalites originated (development of Lower Anhydrite after J. Dębski).

1 – wapień cechsztyński, 2 – anhydryt dolny: płytkie środowisko sedimentacji, 3 – anhydryt dolny: przejściowe środowisko sedimentacji, 4 – anhydryt dolny: głębokie środowisko sedimentacji, 5 – polihalit, 6 – sól kamienna, 7 – sól kamienna z rozproszonym polihalitem, 8 – chlorkowa sól potasowa, 9 – anhydryt górny, 10 – cyklometry PZ2 i PZ3 nie rozdzielone, 11 – granica facji pewna, 12 – granica facji przypuszczalna, T – trias, S – sylur,

1 – Zechstein Limestone, 2 – Lower Anhydrite: shallow depositional environment, 3 – Lower Anhydrite: transitional depositional environment, 4 – Lower Anhydrite: deep depositional environment, 5 – polyhalite, 6 – rock salt, 7 – rock salt with scattered polyhalite, 8 – potassium chloride salts, 9 – Upper Anhydrite, 10 – cycles PZ2 and PZ3, 11 – certain facies boundary, 12 – probable facies boundary, T – Triassic, S – Silurian.

czących o jej powstaniu w środowisku sebhya, natomiast na warunki typowe dla płytkich salin wskazuje obecność dużych kryształów polihalitu, ułożonych prostopadłe do warstwowania.

podobnie jak polihalitu śródanhydrytowego – stosunkowo niewielkie zmiany środowiskowe mogły następować wielokrotnie. Prowadziło to do zmian stężenia solanek przydennych, sprzyjających wczesnej polihalityzacji uprzednio strąconych siarczanów.

SEDYMENTACJA POLIHALITÓW ŚRÓDSOLNYCH

Polihality śródsolne powstały na ogół w tym samym środowisku, w jakim tworzyły się sole zanieczyszczone, tj. w peryferycznej części salin oraz w lokalnych panwiach solnych, na obszarze platform siarczanowych (11).

Skupienia polihalitów grupują się w strefach występowania soli zanieczyszczonej (2). Generalnie ujmując, wystąpienia polihalitu są związane z pograniczem megacyklu soli czystej oraz megacyklu soli zanieczyszczonej (ryc. 3). Z badań G. Czapowskiego (1, 2, 11) wynika, że powstanie soli zanieczyszczonych było związane ze spłyceniem zbiornika sedimentacji oraz przejściem do bardziej dynamicznych warunków. Na istotną zmianę warunków środowiskowych wskazuje także obniżenie wartości współczynnika Br-Cl nad warstwami polihalitów śródsolnych (zob. 17, 18).

WPLYW WÓD SŁODKICH NA EWAPORATY CECHSZTYŃSKIE

W dolnej części pokładów polihalitu śródsolnego stwierdza się z reguły obecność pasemkowania materiałem węglanowym lub detrytycznym, co sugeruje dość spokojne warunki powstania tej części sekwencji, natomiast górna część powstała – jak się wydaje – w warunkach mniej spokojnych (ryc. 2). W wypadku polihalitu śródsolnego –

Zarówno polihality, jak i inne minerały ewaporatowe podlegały dość intensywnym procesom rekrytalizacji, prowadzącym do znacznego zatarcia pierwotnych cech strukturalnych (14). Wydaje się, że zmiany te następowały pod wpływem macierzystych roztworów kapilarnych, gdyż nie znaleziono dowodów potwierdzających koncepcję szerokiego rozwoju krasu solnego na omawianym obszarze zarówno w okresie sedimentacji soli cechsztyńskich, tak jak to przyjął J. Poborski (15), jak i w okresie późniejszym.

W obrębie anhydrytu górnego stwierdzono występowanie dolomitu w postaci warstw oraz nieregularnych

przerostów. Dolomity te niekiedy zawierają euryhalinową faunę (małże, małżoraczkę, ramienionogi, otwornice), świadczą o znacznym obniżeniu stężenia solanek w porównaniu z warunkami panującymi podczas osadzania utworów siarczanowych. Wydaje się, że obniżenie to było wynikiem dopływu wód rzecznych (11).

Wpływ wód słodkich na utwory anhydrytu górnego, związany z subaeralną ekspozycją będącą następstwem spadku poziomu morza pod koniec pierwszego cyklu sedymentacji cechsztyńskiej (11) zaznaczył się gipsyfikacją i zbrekcjowaniem najwyższej części sekwencji anhydrytu górnego. Jak się wydaje, obecność licznych przewarstwień iłowców i mułowców w sekwencji anhydrytu górnego stanowiła wystarczającą przeszkodę dla migracji wód słodkich i ich ewentualnego wpływu na niżę leżące sole, co potwierdza także brak struktur kolapsyjnych. Ze względu na praktyczne znaczenie, związane z ewentualną przyszłą eksploatacją górniczą, należałoby w przyszłości przeprowadzić szczegółowe badania wszystkich profilów anhydrytu górnego.

Pod koniec depozycji utworów cyklu PZ2, jak również pod koniec cyklu PZ3, rejon Zatoki Puckiej, był okresowo wynurzany i poddawany działaniu wód meteorycznych. Świadczy o tym obecność charakterystycznych syndepozycyjnych tekstur diagenetycznych (np. kompaktacja wadyczna – stwierdzona w utworach dolomitu głównego czy też porowatość formowa, dobrze rozwinięta w strefie krawędzi platformy dolomitu płytowego – 5) oraz procesów wczesnodiagenetycznych (np. dedolomityzacja). Ponadto utwory najwyższej części anhydrytu podstawowego i anhydrytu głównego zostały zbrekcjowane i zgipsowane. Nie ma przesłanek sugerujących, że wody meteoryczne związane z tymi subaeralnymi ekspozycjami oddziaływały na ewaporaty cyklu PZ1. W wypadku subaeralnej ekspozycji związanej z końcem cyklu PZ3 wyraźnie widać, że głębokość penetracji wód słodkich była stosunkowo niewielka, gdyż w najwyższej części dolomitu głównego rzadko spotyka się dedolomity, których powstanie można wiązać genetycznie z dedolomityzacją po okresie sedymentacji utworów dolomitu płytowego.

PODSUMOWANIE

Seria polihalitonosna w rejonie Zatoki Puckiej powstała w płytkim środowisku sedymentacji, na obszarze okresowo wynurzonym. W związku z tym dochodziło do okresowej powierzchniowej erozji utworów siarczanowych, w trakcie depozycji anhydrytu dolnego i soli najstarszej. Polihalitalińskie środowiska – powstałe na platformach siarczanowych – są synsedymenacyjne z dolną częścią soli czystej powstającej w basenach, natomiast powstanie polihalitalińskich środowisk jest związane ze zmianą warunków środowiskowych, polegającą na rosnącym oddziaływaniu lądu. Zmiana ta doprowadziła do rozpoczęcia sedymentacji soli zanieczyszczonej w niewielkich salinach i panwiach. Z tego względu utwory polihalitalińskie w rejonie Zatoki Puckiej można uznać za facjalny odpowiednik soli najstarszej, przy czym ze względu na bardzo płytkie środowisko powstania forma występowania nagromadzeń polihalitali – zwłaszcza śródanhydritowego – może być dużo bardziej nieregularna, niż to przyjęto w dokumentacjach Instytutu Geologicznego.

LITERATURA

1. Czapowski G. – Zagadnienia sedymentacji soli kamiennej cyklotemu PZ1 na wschodnim skłonie wyniesienia Łeby. *Prz. Geol.* 1983 nr 5.

2. Czapowski G., Langier-Kuźniarowa A., Tomassi-Morawiec H. – Geneza soli „descendentnych” na wyniesieniu Łeby. „Górnictwo surowców chemicznych – Zbiorniki podziemne – Środowisko naturalne”, Kraków 1984.
3. Dębski J. – Zarys stratygrafii cechsztynu we wschodniej części wyniesienia Łeby. *Prz. Geol.* 1983 nr 5.
4. Dębski J. – Rozwój sedymentacji anhydrytu dolnego na wyniesieniu Łeby: model roboczy. *Kwart. Geol.* 1984 nr 2.
5. Gąsiewicz A. – Krawędź platformy węglanowej dolomitu płytowego na wyniesieniu Łeby. *Prz. Geol.* 1985 nr 4.
6. Hardie L.A. – The gypsum-anhydrite equilibrium at one atmosphere pressure. *Am. Mineralogist* 1967 vol. 52.
7. Hardie L.A. – Evaporites: marine or non-marine? *Am. J. Sci.* 1984 no. 3.
8. Irion G., Müller G. – Huntite, dolomite, magnesite, and polyhalite of Recent age from Tüz Gölü, Turkey. *Nature* 1968 vol. 220.
9. Korenewsky S.M., Protopopov A.L., Shaporew A.A. – Zależność kainitowej porody w cechsztyńskim Priłaitki. *Litoł. polezn. iskop.* 1983 nr 1.
10. Perthuisot J.P. – Le Sebkh el Melahde Zarzis. *Génèse et évolution d'un bassin salin paralique. Travaux du Laboratoire de Géologie*, 1975 nr 9.
11. Peryt T.M., Czapowski G. et al. – Model sedymentacji ewaporatów cechsztyńskich na wyniesieniu Łeby. *Prz. Geol.* 1985 nr 4.
12. Pierre C. – Teneurs en isotopes stables (O^{18} , H^2 , S^{34}) et conditions de génèse des évaporites marines: applications à quelques milieux actuels et au Messinien de la Méditerranée. *These, Univ. Paris-Sud, Orsay* 1982.
13. Pizon A. – Potasonośne ewaporaty północnej Polski. *Prz. Geol.* 1983 nr 5.
14. Pizon A., Wierzchowska H. – Polihalitalińskie środowiska i polihalitalińskie środowiska w świetle badań szczegółowych. „Górnictwo surowców chemicznych – Zbiorniki podziemne – Środowisko naturalne”, Kraków 1984.
15. Poborski J. – O halogenicznych zjawiskach krasowych w permie górnym na wyniesieniu Łeby. *Prz. Geol.* 1975 nr 7.
16. Smith D.B. – The origin of the Permian Middle and Upper Potash deposits of Yorkshire: an alternative hypothesis. *Proc. York. Geol. Soc.* 1973 vol. 39.
17. Tamošiusas L. – K woprosu o raspriedelenii bromu w cechsztyńskowoi soli jużnoj Priłaitki i jego geologiczeskoj intierprietacii. *Wopr. geologii Litwy, Vilnius* 1963.
18. Tomassi H. – Rozkład bromu w najstarszej soli kamiennej w wybranych otworach wiertniczych na wyniesieniu Łeby. *Prz. Geol.* 1983 nr 6.

SUMMARY

Polyhalite-bearing series of the Puck Bay region originated in a shallow sedimentary environment which has been temporarily emerged. Consequently, sulphate deposits have been eroded during the deposition of the Lower Anhydrite and Oldest Halite. Intra-anhydrite polyhalites which originated on sulphate platforms, are contemporaneous with the lower part of the pure halites which have been accumulated in the basins, and the origin of intra-halite polyhalites is related to the increased in-

fluence of the land which led to the start of the impure halite deposition in small salinas. Accordingly, polyhalite deposits of the Puck Bay region may be regarded as a facies equivalent of the Oldest Halite, and because of a very shallow depositional environment the shape of polyhalite accumulation may be much more irregular than in was accepted in the documentations of Instytut Geologiczny.

Translated by T.M. Peryt

РЕЗЮМЕ

Полигалитоносная серия в районе Пуцкого залива образовалась в мелкой среде седиментации, на периодически вынырывающей территории. В связи с тем происходила периодическая поверхностная эрозия

сульфатных отложений, во время осаждения нижнего ангидрита и самой древней соли. Межангидритовые полигалиты — образовавшиеся на сульфатных платформах — синседиментационные с нижней частью чистой соли образовавшейся в бассейнах, зато образование межсоляных полигалитов связано с изменением условий среды, которое состоялось во всё большим влиянии континента. Это изменение привело к седиментации загрязненной соли в небольших бассейнах. По этому поводу полигалитовые отложения в районе Пуцкого залива можно считать фаціальным эквивалентом самой древней соли; из-за очень мелкой среды образования — форма образования накоплений полигалита, особенно межангидритового, может быть гораздо более нерегулярной, чем это принято в документациях Геологического Института.