

SEDYMENTACJA I GEOCHEMIA NAJSTARSZEJ SOLI KAMIENNEJ W REJONIE ZATOKI PUCKIEJ

UKD 553.631.068.2:551.736.3:552.143(24:181):552.122+550.42(438-17:26.04 Zatoka Pucka)

W ciągu ostatnich 3 lat Instytut Geologiczny prowadził na wyniesieniu Łeby badania cechsztyńskiej formacji solonośnej, a przede wszystkim – towarzyszących jej wystąpień polihalitu w rejonie Zatoki Puckiej (13). Kompleksowe badania, których głównym celem było wyjaśnienie dyskusyjnej genezy złóż polihalitu (16, 17, 19, 20), pozwoliły także zanalizować całą formację solonośną i odtworzyć warunki jej powstawania (1, 2, 4, 5, 14).

W trakcie badań utworów chlorkowych szczególną uwagę zwrócono na zagadnienie występowania tzw. soli descendentnych, których obecność uznano (19–22) za jeden z głównych dowodów wtórnej, krasowej genezy wystąpień polihalitu oraz za czynnik zagrażający ewentualnej eksploatacji kopaliny. Uzyskane w trakcie badań sedymentologicznych i geochemicznych wyniki, ukazujące w nowym świetle genezę tych utworów, były sukcesywnie prezentowane we wcześniejszych opracowaniach (3, 4, 14, 28). Niniejszy artykuł stanowi syntezę otrzymanych dotychczas wyników i ukazuje obecną koncepcję powstawania utworów najstarszej soli kamiennej cyklotemu PZ1 w rejonie Zatoki Puckiej w świetle badań sedymentologicznych i geochemicznych.

CHARAKTERYSTYKA FORMACJI NAJSTARSZEJ SOLI KAMIENNEJ W REJONIE ZATOKI PUCKIEJ

Formacja najstarszych soli kamiennych cyklotemu PZ1 w rejonie Zatoki Puckiej jest wykształcona w postaci halitytów z mniej lub bardziej regularnymi przewarstwieniami anhydrytów, rzadziej polihalitów anhydrytowych i polihalitów (ryc. 1). W spągu i stropie formacji występują utwory siarczanowe tzw. anhydrytu dolnego i górnego, których charakterystykę litologiczno-sedymentologiczną, podobnie jak ogólny schemat stratygrafii cechsztynu w tym rejonie, przedstawiono w wielu wcześniejszych pracach (6, 18, 21, 30, 32). Kontakt utworów chlorkowych z siarczanowymi ma przeważnie charakter sedymentacyjny, spora-

dycznie tylko strop anhydrytu dolnego w strefach maksymalnych jego miąższości nosi ślady erozji i rozmyć (14).

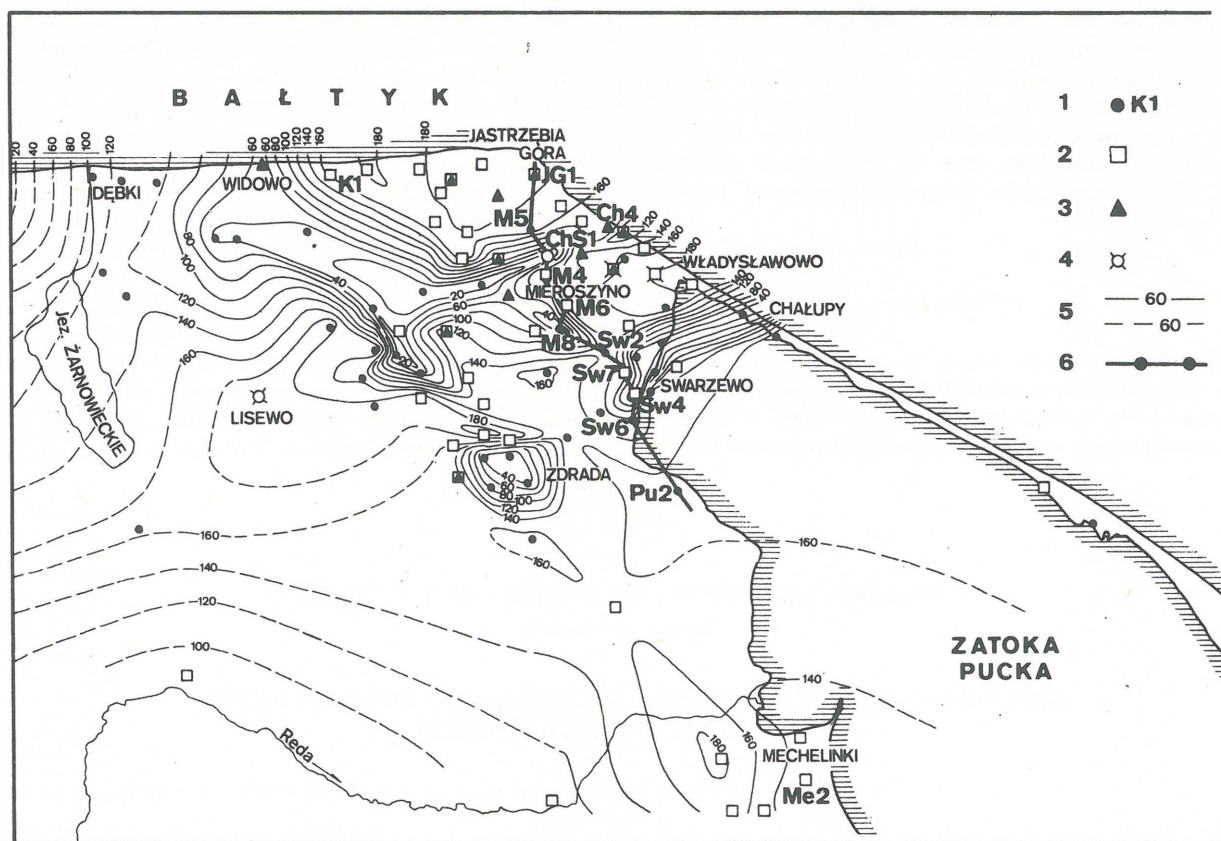
W serii soli kamiennych cienkie pakiety pierwotnych chlorkowych soli potasowo-magnezowych (27) odnotowano jedynie w okolicach Władysławowa i Lisewa (ryc. 1).

Na makroskopowy wygląd skały solnej rzutują domieszki, którymi są najczęściej substancja ilasta, mikrokrystaliczny anhydryt i polihalit, związane w różnej wielkości agregaty. Obserwowany w wielu otworach wiertniczych wzrost ilości domieszek w górnej części formacji solnej, połączony często ze zmianą struktury skały, stał się podstawą do wydzielenia 2 makroskopowych odmian skał:

- a – tzw. soli zanieczyszczonych, zawierających większą ilość domieszek uważanych przez J. Poborskiego (21, 22) za utwór wtórny, descendentny,
- b – tzw. soli czystych o niewielkim procencie domieszek i sporadycznie tylko zawierających substancje ilaste.

Obie odmiany soli, uznawane poprzednio za osady różnego wieku i różnej genezy, w świetle nowych badań (4) są traktowane jako odmiany facjalne, powstałe jednocześnie w jednym basenie sedymentacyjnym.

Miąższość formacji soli najstarszej w rejonie Zatoki Puckiej waha się od kilku do ponad 200 m. Analiza zmian grubości utworów solnych (ryc. 1) pozwala stwierdzić występowanie wielu minimów i maksymów miąższościowych, nazywanych umownie wyniesieniami i basenami. Terminy te mają znaczenie morfologiczne i wiążą się z obrazem zróżnicowanego głębokościowo zbiornika sedymentacyjnego, ukształtowanego z końcem akumulacji podścielających sól utworów anhydrytu dolnego (2, 6, 15). Serie solne o maksymalnej grubości utworzyły się w strefach, gdzie cienki anhydryt dolny ma cechy głębokowodne, nad miąższymi zaś warstwami anhydrytów o strukturze sugerującej środowisko płytkowodne lub aeralne zalegają osady chlorkowe o niewielkiej grubości. Obserwowana tu ścisła, odwrotnie proporcjonalna zależność między



Ryc. 1. Mapa miąższości najstarszej soli kamiennej w rejonie Zatoki Puckiej.

Fig. 1. Distribution of thickness of the oldest rock salt in the Puck Embayment area.

1 – otwór wiertniczy, 2 – otwór z warstwami anhydrytu śródsolnego grubości >10 cm, 3 – otwór z warstwami polihalitu śródsolnego grubości >10 cm, 4 – otwór z pakietami chlorkowych soli K–Mg wśród soli kamiennej, 5 – izopachyty serii solnej w m, 6 – linia przekroju (ryc. 9).

1 – borehole, 2 – borehole with intra-salt anhydrite layers ≥ 10 cm thick, 3 – borehole with intra-salt polyhalite layers ≥ 10 cm thick, 4 – borehole recording rock salts with packets of K–Mg chlorine salts, 5 – isopachytes of salt series in m, 6 – line of cross-section (Fig. 9).

miąższościami obu typów osadów (4), jest doskonałym przykładem na kompensowanie się grubości akumulatów chlorkowych i siarczanowych w obrębie jednego basenu ewaporacyjnego. Przeprowadzona analiza sedimentologiczna soli kamiennych (1, 2) wskazuje na formowanie się soli w zróżnicowanym batymetrycznie i dynamicznie basenie, którego główne rysy ukształtowały się podczas sedimentacji głównej masy osadów anhydrytu dolnego.

W czasie akumulacji najstarszej soli kamiennej w rejonie Zatoki Puckiej można wyróżnić 3 główne strefy wyniesień (ryc. 2), w których miąższość osadów chlorkowych nie przekracza 50 m. Są to: pasmowe, o prostym lub rozczłonkowanym zarysie wyniesienia Swarzewo–Chałupy i Widowo–Sławoszyńko–Mierszyno–Kłanino oraz izometryczne, o stromych stokach wyniesienie Zdrady. Między wyniesieniami znajdują się obszary basenów o zmiennym kształcie i miąższościach serii solnej od 150 do ponad 200 m. Wyróżniono tu baseny: Jastrzębiej Góry, Władysławowa, Lisewa, Pucka–Żelistrzewa i ku wschodowi słabo okonturowany basen Jastarni. Wyniesione baseny łączą się ze sobą mniej lub bardziej rozległymi strefami serii solnej o pośrednich miąższościach (50–150 m), określanymi jako spłyccenia.

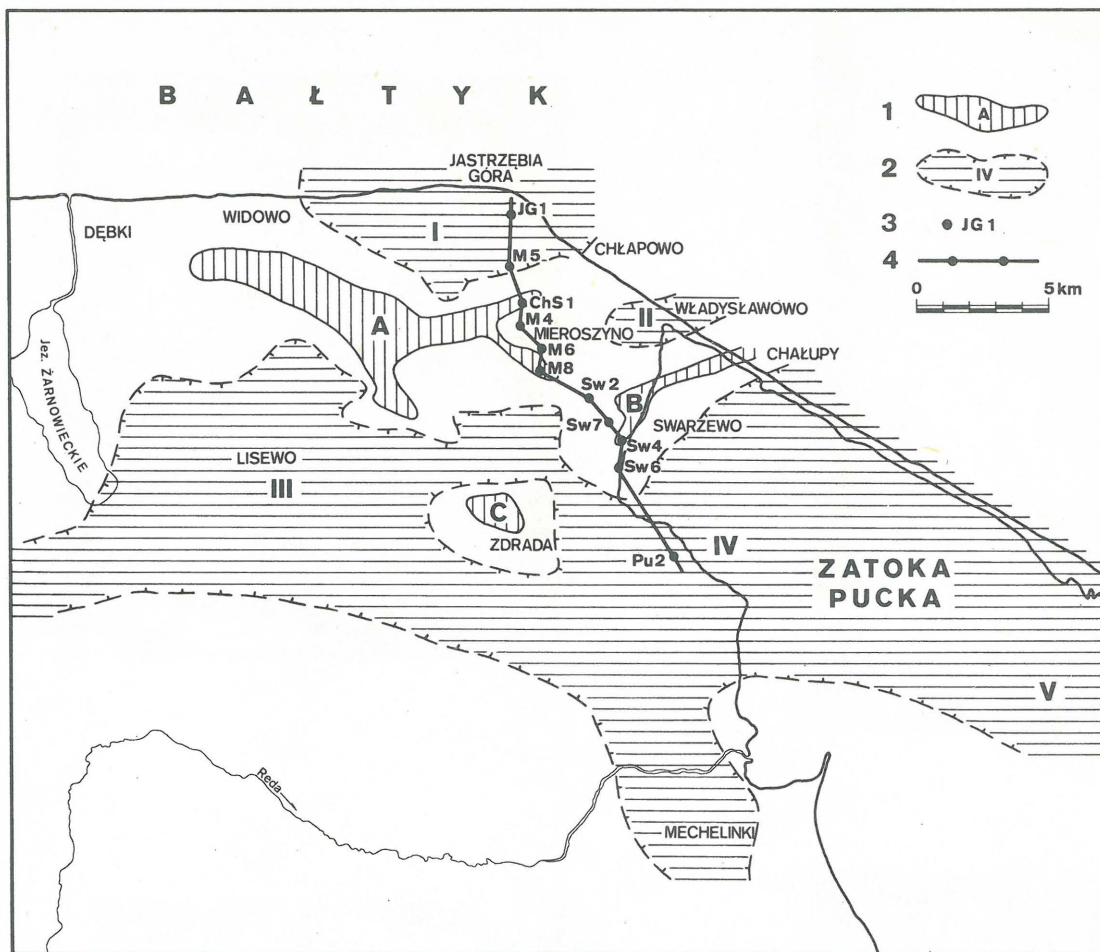
Badania wykształcenia soli kamiennych w wymienionych strefach wskazują na odmienne sekwencje typów strukturalnych soli i powiązanych z nimi struktur sedimentacyjnych, co wynika z różnic w warunkach powstawania (2, 14).

SOLNE SEKWENCJE STRUKTURALNO-TEKSTURALNE I WARUNKI ICH POWSTAWANIA

Obserwacje makroskopowe soli kamiennych w rejonie Zatoki Puckiej pozwoliły wyróżnić 3 odmiany strukturalne, różniące się wielkością i stopniem selekcji kryształów. Są to: sól równokrystaliczna (typ A), różnokrystaliczna (typ B) i wielokrystaliczna (typ C) o średnicy kryształów pow. 15 mm, będąca odpowiednikiem tzw. soli kryształowej (12). Granice między pakietami soli wymienionych typów mogą być ostre, wyraźne (ryc. 4 i 6), szczególnie w pakietach soli wielokrystalicznej, lub też płynne (ryc. 3 i 5).

Mimo ogromnej podatności minerałów solnych na różne odkształcenia, udało się zarejestrować występowanie wielu pierwotnych struktur sedimentacyjnych: akumulacyjnych i erozyjnych (2, 14). Do struktur akumulacyjnych zaliczono wszystkie typy kryształów o budowie zonalnej: typ lejkowy, piramidalny typ „hopper” oraz kryształy o budowie szewronowej, powstałe odpowiednio: na powierzchni solanki, w zawieszinie oraz na granicy osad denny – solanka (7, 24, 25, 26). Poziome lub skośne ułożenie lekko wydłużonych kryształów halitu, występowanie intraklastów solnych i pakietów o bardzo złej selekcji składników wskazuje na akumulację przez prądy frakcyjne kryształów o różnym stadium wzrostu.

Występowanie laminacji „wewnętrznej” w formie ułożo-



Ryc. 2. Szkic paleogeograficzny basenu ewaporacyjnego w czasie sedymentacji soli najstarszej w rejonie Zatoki Puckiej.

Fig. 2. Paleogeographic sketch map of the evaporitic basin from times of sedimentation of the oldest salts in the Puck Embayment area.

- 1 – obszary wyniesień (A – wyniesienie Widowo – Sławoszyńko – Miosroszyno – Kłanino, B – Swarzewo – Chałupy, C – Zdrada),
 2 – obszary basenów (I – basen Jastrzębiej Góry, II – Władysławowa, III – Lisewa, IV – Puck – Żelistrzewo, V – Jastarnia),
 3 – otwór wiertniczy, 4 – linia przekroju (ryc. 9).

- 1 – areas of elevations (A – Widowo – Sławoszyńko – Miosroszyno – Kłanino Elevation, B – Swarzewo – Chałupy, C – Zdrada),
 2 – basinal areas (I – Jastrzębia Góra Basin, II – Władysławowo, III – Lisewo, IV – Puck – Żelistrzewo, V – Jastarnia), 3 – borehole, 4 – line of cross-section (Fig. 9).

nych równoległe do granic pakietów soli wysokokrystalicznej drobnitkich agregatów anhydrytu (2, 5) wskazuje na powolną precypitację halitu z przydennych warstw solanki. W tę solankę opadają w formie „deszczu” agregaty siarczanowe, wytrącone w bardziej rozcieńczonych warstwach przypowierzchniowych. Wskaźnikiem szybkiego wzrostu dużych kryształów w stabilnych chemicznie warunkach jest duża liczba wrostków mineralnych oraz inkluzji ciekłych i gazowych w kryształach.

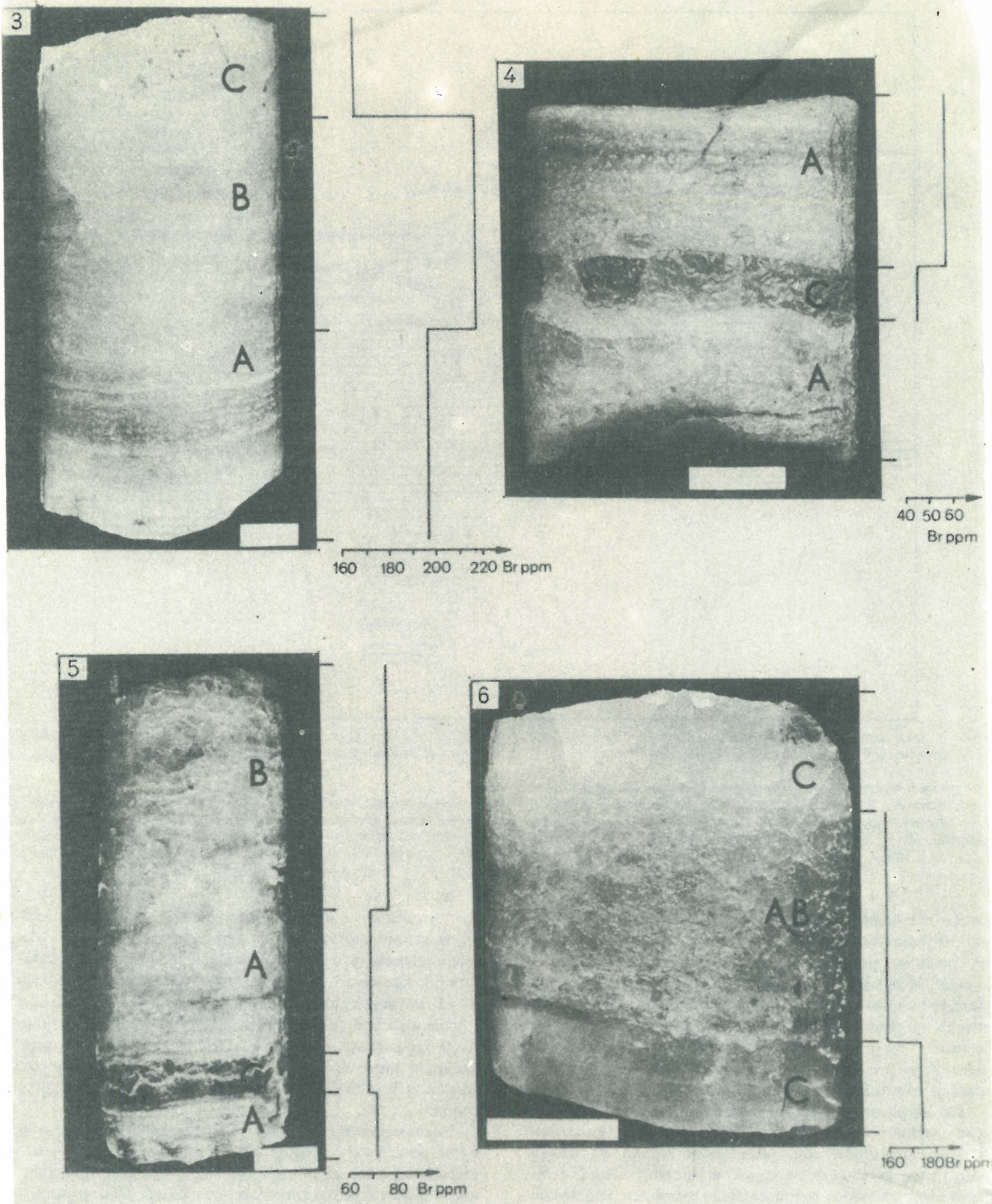
Do struktur erozyjnych zaliczono rozmycia erozyjne granic pakietów solnych i niektóre ostre kontakty różnych strukturalnie typów soli, podkreślone cienką warstwą anhydrytu, wskazującą na etap rozcieńczenia solanki i zapewne częściowego rozpuszczenia wcześniej strąconego halitu. Obserwowane na krótkich odcinkach profilu przeładowania i strome nachylenia warstw soli i anhydrytu bez śladów wyraźnej przebudowy strukturalnej można uznać z dużym prawdopodobieństwem za struktury osuwiskowe.

Analiza następstw typów strukturalnych soli, sposobu występowania przewartwień siarczanowych i domieszek mineralnych oraz typu struktur sedymentacyjnych pozwoliła ustalić dominujący typ sekwencji strukturalno-teksturalnych w poszczególnych profilach i odtworzyć warunki ich powstawania (2, 14).

Rytmiczne sekwencje solne typu AC i BC uformowały się w niskodynamicznych (w sensie tempa zmian stratyfikacji solanek) warunkach, panujących w głębszych, środkowych częściach basenów, gdzie subsydencja nadążała za akumulacją chlorków. Dominowała tu spokojna precypitacja z solanek przydennych, przerywana okresami stagnacji, rzadziej erozji czy rozpuszczania wcześniej złożonego osadu, a niewielkie zmiany zasolenia – rejestrowane zawartością bromu (28) – nie wpływały na typ strukturalny osadu.

Sekwencje solne BC i BA z licznymi rozmyciami erozyjnymi powstawały w dość zmiennych warunkach na obszarach spłyceń, gdzie czynniki mechaniczne (prądy, falowanie, pływy) szybko zmieniały stratyfikację wód, transportowały i rozmywały złożony osad, mieszając kryształy halitu. Podobne, często bardziej zmienne warunki panowały na stokach wyniesień dna zbiornika, gdzie powstały sekwencje zdominowane przez sól różnokrystaliczną (typ BA, BC, BAC, ABC), z licznymi strukturami erozyjnymi, rozproszonym materiałem ilastym i siarczanami oraz strukturami osuwiskowymi.

W szczytowych częściach wyniesień, w niewielkich, izolowanych zbiornikach powstały sole wielokrystaliczne z solanek o rosnącym stężeniu. W miarę wypełniania i spływania panwi, w warunkach większej ruchliwości solanki



Ryc. 3. Zmiany zawartości bromu w sekwencji solnej ABC, otwór K-1, gł. 681,3 m.

Ryc. 4. Zmiany zawartości bromu w sekwencji solnej AC, otwór Chl.-4, gł. 840,0 m.

Ryc. 5. Zawartość bromu w sekwencji solnej typu CAB, sól A laminowana horyzontalnie, otwór Me-2, gł. 1066,5 m.

Ryc. 6. Zawartość bromu w sekwencji ABC o płynnych granicach pakietów solnych, otwór Me-2, gł. 1024,7 m.

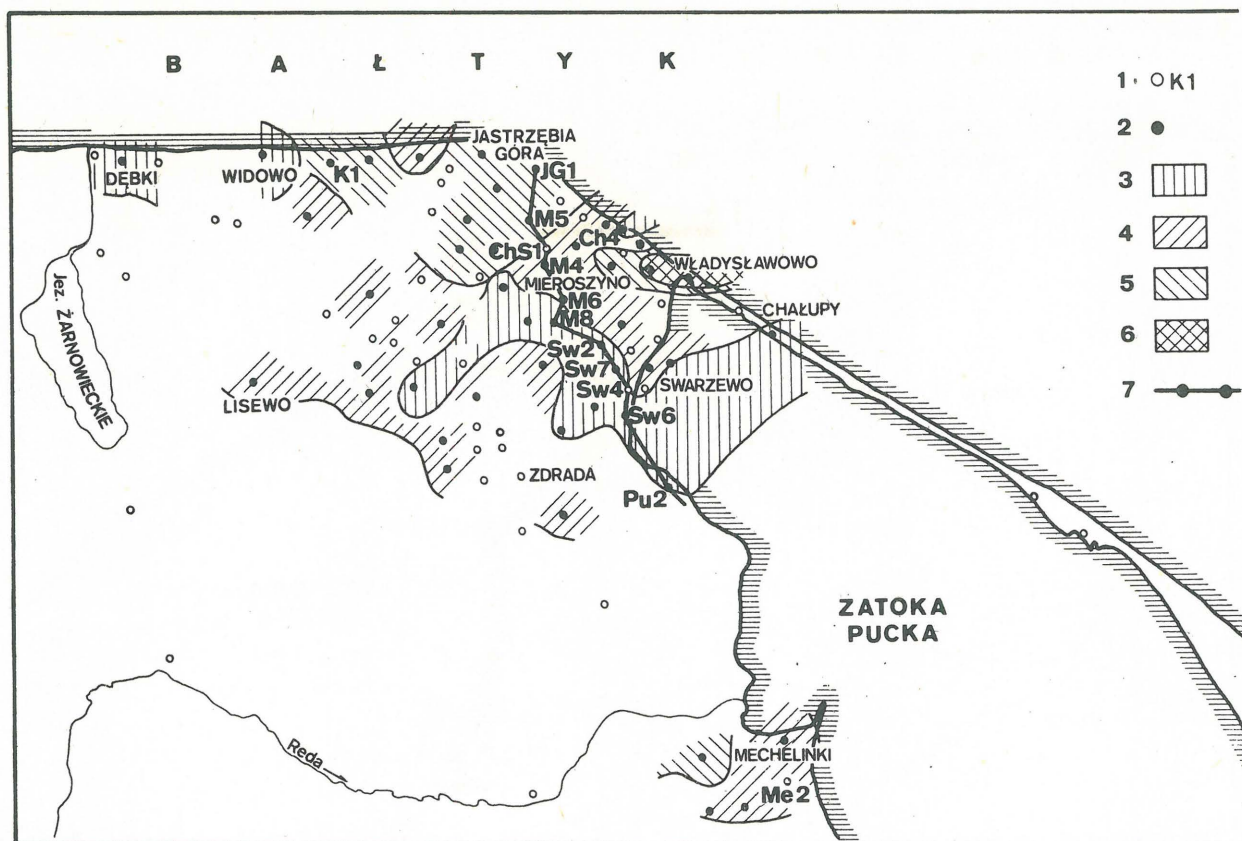
Fig. 3. Changes in content of bromine in the salt sequence ABC, borehole K-1, depth 681.3 m.

Fig. 4. Changes in content of bromine in the salt sequence AC, borehole Chl.-4, depth 840.0 m.

Fig. 5. Content of bromine in salt sequence of the type CAB; salt A with horizontal lamination, borehole Me-2, depth 1066.5 m.

Fig. 6. Content of bromine in the sequence ABC, characterized by blurred boundaries of salt packets, borehole Me-2, depth 1024.7 m.

Ryc. 3–6 fot. A. Walińska, R. Ufnal



Ryc. 7. Rozmieszczenie wartości współczynników Br-Cl dla soli najstarszej w rejonie Zatoki Puckiej.

Fig. 7. Distribution of mean values of Br-Cl coefficients for the oldest salt in the Puck Embayment area.

1 - otwór wiertniczy, 2 - otwór z obliczoną średnią wartością współczynnika, wartości współczynnika w przedziale: 3 - 0,10-0,15, 4 - 0,15-0,20, 5 - 0,20-0,24, 6 - 0,30-0,34, 7 - linia przekroju (ryc. 9).

1 - borehole, 2 - borehole and mean value of the coefficient; values of the coefficient: 3 - from 0.10 to 0.15, 4 - 0.15-0.20, 5 - 0.20-0.24, 6 - 0.30-0.34, 7 - line of cross-section (Fig. 9).

i okresowego wysuszenia, powstały sole różnokrystaliczne, z dużą ilością domieszek i inkluzji, często przechodzące płynnie w odmiany wielokrystaliczne.

(100 ppm). Wartości te świadczą o niskim stężeniu solanek w czasie sedimentacji i istnieniu warunków sprzyjających stałej wymianie wód, zapewne w wyniku działalności pływów.

ANALIZA GEOCHEMICZNA SOLI NAJSTARSZYCH

Badaniami geochemicznymi objęto cały kompleks soli kamiennych, oznaczając skład zanieczyszczeń mineralnych oraz podstawowe składniki soli, np. sól, wapń, chlor, brom, potas, siarczan itp. (14). Szczególną rolę w określeniu genezy soli i odtworzeniu warunków jej sedimentacji odgrywały badania zawartości bromu (4, 48, 29). Wyniki tych analiz z próbek punktowych i bruzdowych wskazują, że sól kamienna w rejonie Zatoki Puckiej jest utworem pierwotnym, powstałym w procesie ewaporacji wód morza cechsztyńskiego. Świadczy o tym wyższa od 40 g/t (40 ppm) zawartość bromu, typowa dla soli pierwotnych (10), a obliczony współczynnik bromowo-chlorowy nie spada poniżej wartości 0,1, uznanej przez M.G. Walaszkę (31) za charakterystyczną dla pierwotnych halitów, krystalizujących z wody morskiej.

Sole z obszarów basenów charakteryzują się nieco wyższymi wartościami współczynników bromochlorowych (0,15-0,24), wskazującymi na większy wzrost stężenia solanki. Szczególnie wysokie wartości stwierdzono w basenie Władysławowa, gdzie wynoszą one 0,3-0,34, co wydaje się wskazywać na nikłą możliwość odnawiania wód basenu, wskutek częściowej izolacji od otwartego morza.

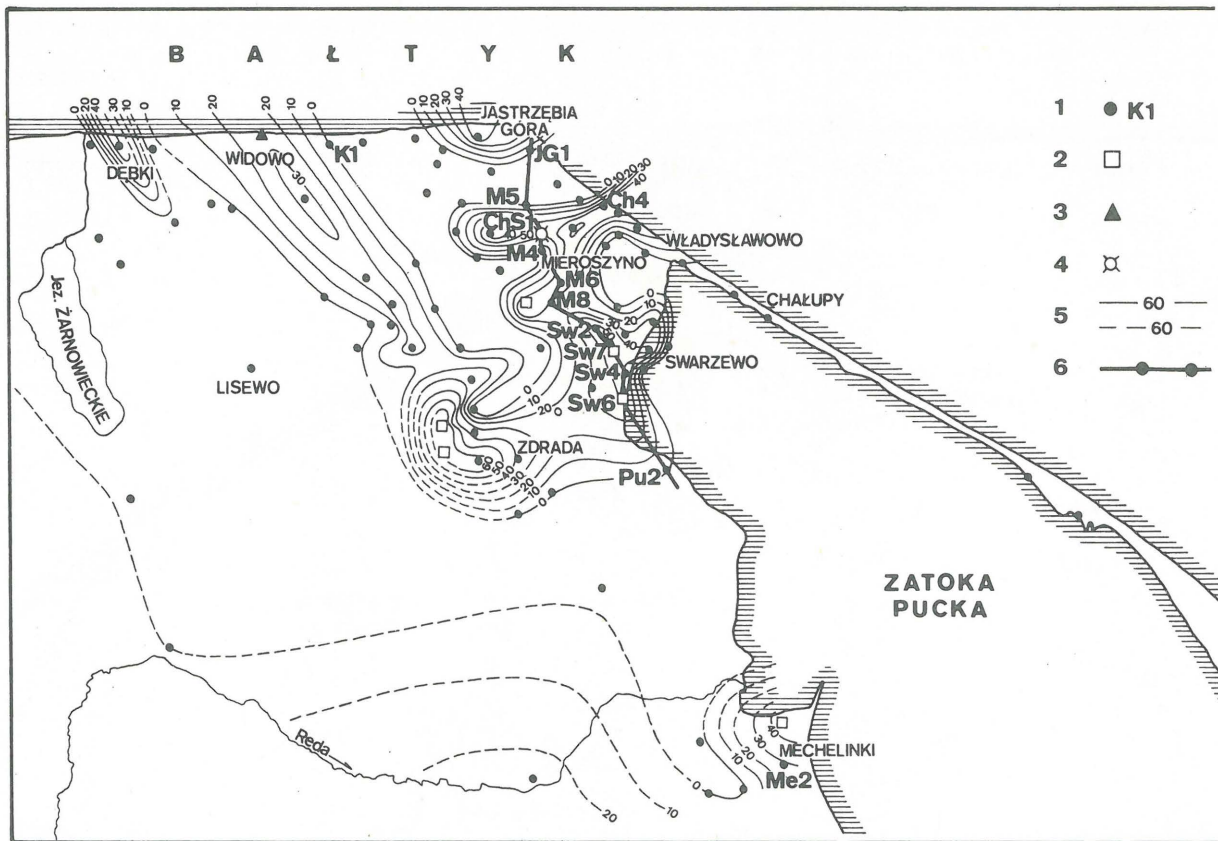
Analiza rozkładu średnich ważonych z zawartości współczynników bromowo-chlorowych w całej serii najstarszej soli kamienniej w rejonie Zatoki Puckiej (ryc. 7) wskazuje na pewne związki ze strefami paleobatymetrycznymi basenu ewaporacyjnego.

Profilie zawartości bromu w solach z obszarów płycień wykazują podobieństwo do profili z obszarów wyniesień lub basenów, w zależności od ich odległości od brzegów tych struktur (29). W pobliżu wyniesień są rejestrowane niewielkie zawartości bromu, wskazujące na niskie stężenia solanek. Bliżej krawędzi basenów obserwuje się powolny wzrost stężenia solanek w miarę sedimentacji soli.

Na obszarach wyniesień współczynniki bromowo-chlorowe nie przekraczają wartości 0,2, a zawartość bromu w próbkach punktowych nie przekracza na ogół 100 g/t

Badania zawartości bromu w serii soli „zanieczyszczonych”, uważanych dotychczas za wtórne, wskazały na brak podstaw do tego typu twierdzeń (3, 4, 29). Stwierdzono, że zawartości bromu i współczynniki bromochlorowe uzyskane dla soli „zanieczyszczonych” nie odbiegają od wartości uzyskanych w czasie badań soli „czystych” i są w obu wypadkach charakterystyczne dla pierwotnych halitów.

Analizą zawartości bromu objęto również pojedyncze warstwy w ramach sekwencji strukturalno-teksturalnych (ryc. 3B-6). Stwierdzono ogólnie wyższe zawartości bromu w soli różno- i równokrystalicznej w porównaniu z solą wielokrystaliczną. Może to wynikać z niższego tempa



Ryc. 8. Mapa miąższości soli „zanieczyszczonych” w obrębie najstarszej soli kamiennej w rejonie Zatoki Puckiej. Objaśnienia jak na ryc. 1.

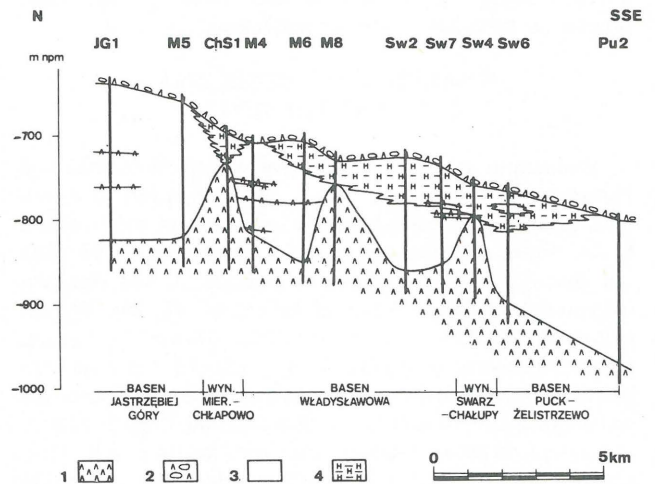
Fig. 8. Distribution of thickness of „polluted” salts in the oldest salt packet in the Puck Embayment area. Explanations as given in Fig. 1.

krystalizacji tej soli w trakcie powolnej precypitacji z przydennych solanek (sól krystalizująca szybciej wychwytuje z roztworu więcej bromu – 8), lub też zjawisko to jest spowodowane obecnością wielkiej ilości bardzo drobnych, ciekłych inkluzji.

WYSTĘPOWANIE SOLI „DESCENDENTNYCH” W REJONIE ZATOKI PUCKIEJ

Badania geochemiczne, wskazujące na pierwotny charakter całej formacji najstarszej soli kamiennej postawiły w nowym świetle zagadnienie występowania na omawianym obszarze kompleksu tzw. wtórnych soli „descendentnych” (21, 22). Problem ten przedyskutowano w kilku wcześniejszych opracowaniach (3, 4). Makroskopowe kryteria, którymi posługiwał się J. Poborski (21, 22) przy wyróżnianiu tego typu soli, okazały się nie zawsze przydatne przy wtórnej weryfikacji materiałów wiertniczych, w związku z dużą zmiennością wykształcenia strukturalno-teksturalnego całej formacji.

Pozostaje kryterium występowania dużej ilości domieszek mineralnych, szczególnie substancji ilastej. Zaobserwowano, że udział części nierozpuszczalnych – głównie materiału ilastego – w ilości ponad 0,1% wagowego pozwala makroskopowo rozróżnić sól „czystą” od „zanieczyszczonej” domieszkami i uznać tę ostatnią za odpowiednik litologiczny soli „descendentnych” sensu Poborski. Miąższość wyróżnionej w ten sposób serii solnej zmienia się od 0 do 68,6 m i jest w przybliżeniu wprost proporcjonalna do miąższości anhydrytu dolnego (4). Największą grubość osiąga ona na obszarach wyniesień (ryc. 8), przy czym w osiowych partiach wyniesień i base-



Ryc. 9. Przekroj utofacjalny przez formację najstarszej soli kamiennej w rejonie Zatoki Puckiej.

1 – facja siarczanowa (anhydryt dolny), 2 – facja siarczanowo-ilasta (tzw. brekcja anhydrytowa i anhydryt górny), 3 – facja „czystych” soli kamiennych, 4 – facja „zanieczyszczonych” soli kamiennych.

Fig. 9. Lithofacies cross-section through the oldest rock salt formation in the Puck Embayment area.

1 – sulfate facies (Lower Anhydrite), 2 – sulfate-clay facies (so-called anhydrite breccia and Upper Anhydrite), 3 – facies of „pure” rock salts, 4 – facies of „polluted” rock salts.

nów sól tego typu nie występuje. Nie zaobserwowano tu typowego dla soli wtórnych (9, 23) wzrostu miąższości od peryferii basenu sedymentacyjnego ku jego środkowi, a zjawisko wręcz odwrotne.

Seria soli „zanieczyszczonych” zalega bezpośrednio na anhydrycie dolnym lub kontaktuje z solą „czystą” w sposób ciągły (ryc. 9). W obrębie serii stosunkowo rzadko pojawiają się grubsze przewarstwienia anhydrytu i polihalitu, a zupełnie sporadycznie pakiety chlorkowych soli potasowo-magnezowych (w rejonie Mieroszyna – ryc. 8). Często obserwuje się występowanie przewarstwień soli „czyste” (ryc. 9), o płynnych kontaktach, polegających głównie na zmianie ilości domieszek bez wyraźnych różnic w budowie skały. Są tu reprezentowane typy wielko- i różnokrystaliczne z ciągłym wzajemnym przejściem. Występują liczne kryształy o budowie zonalnej i szewronowej, a zmiany składu i ilości domieszek – głównie: anhydryt, polihalit i substancja ilasta – rzutują na barwę i przezroczystość soli. Główna różnica między solą „zanieczyszczoną” a „czystą” polega na pojawieniu się substancji ilastej, gdyż anhydryt i polihalit występują w zmiennych ilościach w całym profilu serii solnej.

Przedstawione wyżej fakty wraz z wynikami analiz geochemicznych, wskazującymi jednoznacznie na pierwotny charakter soli „zanieczyszczonych”, podobnie jak soli „czystych”, pozwalają uznać sole „zanieczyszczone” – odpowiadające utworom typu descendentalnego w ujęciu J. Poborskiego – za odmianę facjalną soli „czystych”, powstałą w nieco odmiennych warunkach w tym samym basenie sedymentacyjnym.

ROZWÓJ SEDYMENTACJI NAJSTARSZEJ SOLI KAMIENNEJ

Utwory najstarszej soli kamiennej powstały w rozległym basenie sedymentacyjnym typu „płytki basen – płytka woda” (11), gdzie subsydencja nadążała za akumulacją, utrzymując względnie stały poziom wód w basenie. Środowisko to, zbliżone do obszarów współczesnych sebh i salin, cechowały wyraźne różnice morfologiczne, wysoka dynamika, wywołana intensywnymi ruchami powierzchniowej warstwy wód i stosunkowo ograniczona wymiana z otwartym morzem.

Formacja solna powstała w 2 megacyklach sedymentacyjnych, rozwiniętych w sekwencji regresywnej. W pierwszym megacyklu, w zróżnicowanym batymetrycznie zbiorniku, odziedziczonym po okresie akumulacji głównej masy osadów anhydrytu dolnego, na obszarach basenów i płyceń następowała depozycja głównie halitu, a w okresach dopływu świeżych wód z otwartego morza lokalnie strącały się siarczany. Na obszarach wyniesień dna, w warunkach płytkich subakwalnych lub aerialnych, przy intensywnej ewaporacji, rozwijała się głównie płytkowodna facja siarczanowa, a chlorki wytrącały się w lokalnych panwiach, często ulegając erozji przez wody opadowe czy fale sztormowe.

Drugi megacykl charakteryzuje się rosnącym oddziaływaniem ładu w formie dostaw materiału ilastego. Subsydencja nie nadążała za akumulacją, nastąpiło ogólne spłycenie i przerodzenie się wielu półotwartych basenów w izolowane panwie solne. Dość swobodna wymiana wód zachowała się jedynie w centralnych częściach dawnych basenów, które skurczyły się do rozmiarów małych salin. Na wyniesieniach i przy brzegu salin powstały serie chlorków z dużą ilością materiału terygenicznego i siarczanowego, pochodzącego z erozji odsłoniętych starszych osadów. Okresowe zmiany ilości tego materiału, spowodowane zapewne czyn-

nikami atmosferycznymi, powodowały przewarstwianie się, szczególnie w brzeżnych częściach basenów, serii soli „zanieczyszczonych” z solami „czystymi”. W środkowych częściach panwi i salin, gdzie docierały nikłe ilości materiału siarczanowego i terygenicznego, nadal formowały się serie „czystych” chlorków.

LITERATURA

1. Czapowski G. – Problematyka sedymentacji cechsztyńskiej facji chlorkowej. *Kwart. Geol.* 1983 nr 2.
2. Czapowski G. – Zagadnienia sedymentacji soli kamiennej cyklotemu PZ1 na wschodnim skłonie wyniesienia Łeby. *Prz. Geol.* 1983 nr 5.
3. Czapowski G., Langier-Kuźniarowa A., Tomassi-Morawiec H. – Geneza cechsztyńskich „soli descendentalnych” na wyniesieniu Łeby w świetle badań szczegółowych. *Kwart. Geol.* 1984 nr 2.
3. Czapowski G., Langier-Kuźniarowa A., Tomassi-Morawiec H. – Geneza soli „descendentalnych” na Wyniesieniu Łeby. *Mat. Konf. Gór Sur. Chem.* XI Kraków 1984.
5. Czapowski G., Peryt T.M., Tomassi H. – Sedimentology and geochemistry of the Zechstein (Upper Permian) Oldest Halite (Na 1) in Poland: preliminary report. Abstracts of 5th European Regional Meeting of Sedimentology Marseille 1984.
6. Dębski J. – Zarys stratygrafii cechsztynu we wschodniej części wyniesienia Łeby. *Prz. Geol.* 1983 nr 5.
7. Dellwig C.F., Evans R. – Depositional processes in Salina Salt of Michigan, Ohio and New York. *AAPG Bull* 1969 vol. 53 no. 4.
8. Herrmann A.G. – Bromide distribution between halite and NaCl – saturated seawater. *Chem. Geol.* 1980 vol. 28.
9. Holser W.T., Wardlaw N.C., Watson D.W. – Bromide in Salt Rocks: extraordinary low content in the Lower Elk Point Salt, Canada. *Geology of Saline Deposits. Proc. Hannover Symp. Earth Sciences* 1968/1972 vol. 7.
10. Holser W.T., Wilgus Ch.K. – Bromide profiles of the Röt Salt, Triassic of northern Europe, as evidence of its marine origin. *N. Jb. Miner. Mn* 1981 H. 6.
11. Kendall A.C. – Facies models 12. Subaqueous evaporites. *Geoscience Canada* 1978 vol. 5 no. 3.
12. Kijewski P., Salski W. – Cechsztyńska sól kamienna cyklotemu Z1 w południowo-wschodniej części monokliny przedsudeckiej. *Geol. Sudetica* 1978 nr 1.
13. Osólski T. – Problemy genetyczno-złożowe polihalitów permskich na wyniesieniu Łeby (Zatoki Puckiej). *Prz. Geol.* 1985 nr 12.
14. Peryt T.M. z zespołem – Poszukiwania złóż soli cechsztyńskich i polihalitu na wyniesieniu Łeby. Część I. Analiza geologicznych warunków występowania i genezy polihalitu i soli cechsztyńskich na wyniesieniu Łeby. CUG 1984.
15. Peryt T.M., Czapowski G., Dębski J., Pizon A. – Model sedymentacji ewaporatów cechsztyńskich na wyniesieniu Łeby. *Prz. Geol.* 1985 nr 4.
16. Pizon A. – Potasonośne ewaporaty północnej Polski. *Prz. Geol.* 1983 nr 5.
17. Pizon A., Wierchowska H. – Polihalitalność środowiskowa i polihalitalność środowiskowa w świetle badań

- szczegółowych. Mat. Konf. Gór. Sur. Chem. XI 1984 Kraków.
18. P o b o r s k i J. — Cechsztyńskie zagłębienie solne Europy środkowej na ziemiach polskich. Pr. Inst. Geol. 1960 cz. 2.
 19. P o b o r s k i J. — Rozwój idei potasowości „zagłębienia gdańskiego” w systemie permskim. Pr. Geol. 1969 nr 5.
 20. P o b o r s k i J. — Nowy obraz stosunków litofacyjnych w zagłębieniu cechsztyńskim w Polsce. Kwart. Geol. 1969 nr 1.
 21. P o b o r s k i J. — O halogenicznych zjawiskach krasowych w permie górnym na wyniesieniu Łeby. Pr. Geol. 1975 nr 7.
 22. P o b o r s k i J. — Discontinuity in Upper Permian (Zechstein) succession of evaporites in Eastern Pomerania, Poland. Symposium on Salt Hamburg 1980.
 23. P o d e m s k i M. — Sedymentacja cechsztyńska w zachodniej części monokliny przedśudeckiej na przykładzie okolic Nowej Soli. Pr. Inst. Geol. 1973 t. 71.
 24. R a u p O.B. — Brine mixing and additional mechanism for formation of basin evaporites. AAPG. Bull. 1970 vol. 54 no. 12.
 25. S c h r e i b e r B.Ch., F r i e d m a n G.M., D e c i m a A., S c h r e i b e r E. — Depositional environments of Upper Miocene (Messinian) evaporite deposits of the Sicilian Basin. Sedimentology 1976 vol. 23.
 26. S h e a r m a n W.T. — Recent halite rocks, Baja California, Mexico. Trans. of the Instit. of Mining and Metallurgy 1970.
 27. S t ę p n i e w s k i M. — Niektóre pierwiastki śladowe w cechsztyńskich minerałach solnych z rejonu Zatoki Puckiej. Biul. Inst. Geol. 1973 nr 272.
 28. T o m a s s i H. — Rozkład bromu w najstarszej soli kamiennej w wybranych otworach wiertniczych na wyniesieniu Łeby. Pr. Geol. 1983 nr 5.
 29. T o m a s s i - M o r a w i e c H. — Geochemia bromu w utworach najstarszej soli kamiennej w rejonie Zatoki Puckiej. (W przygotowaniu).
 30. W a g n e r R. — Cechsztyń. Perm i mezozoik niecki pomorskiej Pr. Inst. Geol. 1976 nr 29.
 31. W a l a s z k o M.G. — Geochemia bromu w procesach galogeniezy i ispolzowanija sodierzanija bromu w kaczestwie gienieticzeskowo i poiskowowo kriterija. Geochemija 1956 nr 6.
 32. W e r n e r Z. — Złoża soli potasowych w rejonie Zatoki Puckiej. Przew. 54 Zjazdu PTG Cetniewo. Wyd. Geol. 1972.

S U M M A R Y

Sedimentological and geochemical studies on the oldest rock salt in the Puck Embayment area made it possible

to solve several questions connected with origin and conditions of sedimentation of the salt packets. The salt formation as a whole represents the type of primary salts, formed in a basin with diversified bathymetry and dynamic conditions and corresponding to modern sebkha and salina environments. Differences between dynamic conditions in deep and shallow parts of the basin resulted in origin of specific structural-textural sequences. The oldest rock-salt sequences have originated in 2 sedimentary megacycles, developed in a regressive sequence. The cycles are characterized by predominance of chlorine facies in deep parts of the basin, where accumulation has been compensated by subsidence and, therefore, water depth relatively stable. In zones of sea-floor elevations, precipitation of chlorines was accompanied by that of sulfates.

The second megacycle reflects supply of clastic and detrital material from land. This resulted in origin of salt series contaminated with that material in areas of sea-floor elevations. Such „polluted” sediments were previously interpreted as secondary, i.e. so-called descendant salts, whereas they actually represent a facies variety of original, „pure” salts.

Р Е З Ю М Е

Седиментологические и геологические исследования осадков самой древней каменной соли в районе Пуцко-го залива сделали возможным решение ряда вопросов касающихся генезиса и условий образования соляных отложений. Вся соляная формация содержит тип первичных солей, которые образовались в батиметрически и динамически дифференцированном седиментационном бассейне, соответствующим среде современных сабх и салин. Разные динамические условия существующие в более глубоких и мелких зонах бассейна, оказывали влияние на образование разных структурно-текстурных секвенций. Осадки самой древней соли образовались в двух седиментационных мега-циклах развитых в регрессивной секвенции. Эти циклы отличаются доминирующим развитием хлоридной фации в более глубоких зонах бассейна, где субсиденция компенсировала аккумуляцию, позволяя удерживать относительно постоянную глубину воды. В зонах возвышенностей оседанию хлоритов сопутствовало осаждение сульфатов. Во втором мегацикле наблюдается приток глинистого и обломочного материала из континента. Это вызвало образование, в районах выпуклостей дна бассейна, серии солей загрязненных этим материалом, которые раньше были причислены к вторичным осадкам (десцендентные соли). Эти соли являются здесь только фациальной разновидностью первичных „чистых” каменных солей.