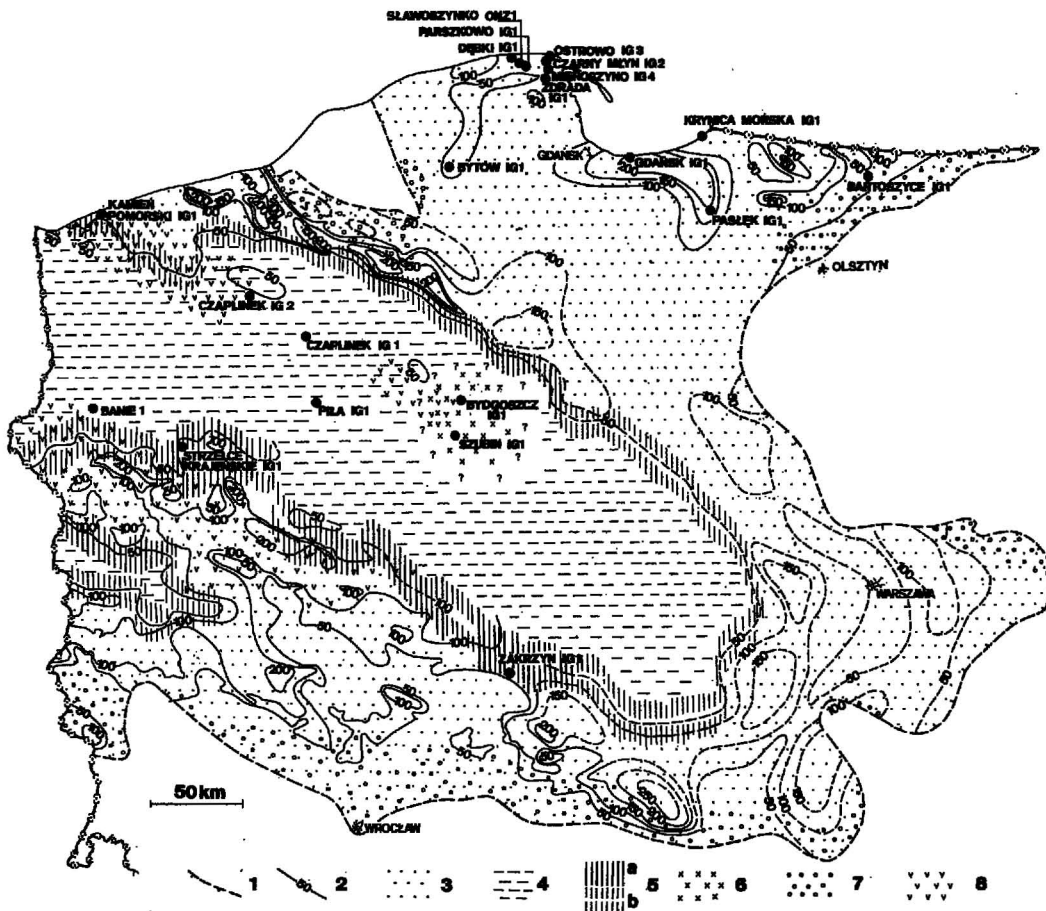


FACJE I PALEOGEOGRAFIA CECHSZTYŃSKIEGO ANHYDRYTU DOLNEGO (A1d)
W POLSCE

UKD 551.836.3:552.53(438)

Anhydryt dolny (A1d) występuje na całym niemal obszarze polskiego basenu cechsztyńskiego, z wyjątkiem jego skrajnie brzeżnej części (ryc. 1), toteż stał się on obiektem badań dopiero w latach sześćdziesiątych, po wykonaniu licznych wierceń na obszarze części monokli-

ny przedsudeckiej. J. Kłapciński (9) przedstawił interpretację stratygrafii anhydrytu dolnego w rejonie LGOM, a następnie (10) na obszarze całej monokliny przedsudeckiej, M. Podemski (21) rozważył warunki sedymentacji tego poziomu w rejonie Nowej Soli, S.



Ryc. 1. Miąższość i paleogeografia anhydrytu dolnego (A1d) w Polsce

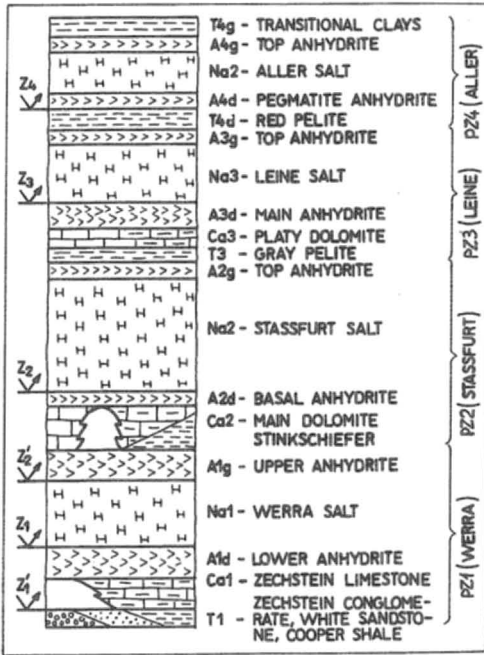
Fig. 1. Thickness and paleogeography of the Lower Anhydrite (A1d) in Poland

1 – zasięg anhydrytu dolnego, 2 – miąższość utworów anhydrytu dolnego (w m), 3 – peryferyczna część zbiornika, 4 – środkowa część zbiornika, 5 – skłon peryferycznej części zbiornika (a – stwierdzony, b – przypuszczalny), 6 – obszar o specyficznym wykształceniu cyklu PZ1 (dyskusja w tekście), 7 – obszar platformy węglanowej wapienia cechsztyńskiego, 8 – płycizny środkowej części zbiornika wapienia cechsztyńskiego

1 – Lower Anhydrite limit, 2 – thickness of the Lower Anhydrite deposits (in metres), 3 – peripheral part of the basin, 4 – central part of the basin, 5 – slope of the peripheral part of the basin (a – recorded, b – inferred), 6 – area of specific development of the PZ1 (discussed in the text), 7 – carbonate platform of the Zechstein Limestone, 8 – shoals of the central part of the Zechstein Limestone basin

Lorenc (12) zaś podał charakterystykę petrograficzną w rejonie Wrocławia. W późniejszych latach tematyce tej poświęcono uwagę przy opracowywaniu syntez regionalnych (np. 5, 28, 31, 32), choć zwracano uwagę przede wszystkim na analizę miąższości anhydrytu dolnego na podstawie danych z wierceń. Dokładniejszą charakterystykę tego poziomu w rejonie Zatoki Puckiej podał J. Dębski (4, 19), ponadto pewne informacje, głównie dotyczące miąższości anhydrytu dolnego, oraz krótkie stwierdzenia interpretacyjne zawarto w różnych opracowaniach syntetycznych (np. 33, 34).

Utwory anhydrytu dolnego są podścielone utworami wapienia cechsztyńskiego (Ca1) i przykryte utworami najstarszej soli kamiennej (Na1) lub anhydrytu górnego (A1g) i ich wyróżnienie nie przedstawia kłopotów na większej części obszaru zbiornika. Wyjątkiem jest brzeżna część zbiornika, gdzie częste są łuki stratygraficzne, profil zaś cyklu PZ1 jest reprezentowany przez miąższą serię wapienia cechsztyńskiego i na ogół cienki, często kilkumetrowy pakiet anhydrytów często gruzłowych, powyżej którego występują utwory dolomitu płytowego lub — dużo rzadziej — dolomitu głównego. Ze szczegółowych korelacji wykonanych na obszarze platformy prekambryjskiej (16—18), w Górach Świętokrzyskich (6, 26) oraz na obszarze przedsudeckim wynika, że seria siarczanowa występująca powyżej wapienia cechsztyńskiego blisko brzegów zbiornika reprezentuje anhydryt górny. Jest to związane z wyraźnym zmniejszeniem się zbiornika w trakcie depozycji anhydrytu dolnego oraz jego powiększeniem podczas sedimentacji anhydrytu górnego (29, 16).



Ryc. 2. Schematyczna kolumna stratygraficzna cechsztynu pokazująca sposób formowania się odbić sejsmicznych. Z sejsmicznego punktu widzenia osady cechsztynu stanowią serię naprzemianległych pakietów skał wysokoprędkościowych (węglany, anhydryty) i niskoprędkościowych (sole). Na granicach tych pakietów powstają odbicia rejestrowane na sekcjach sejsmicznych

Fig. 2. Generalized stratigraphic column of the Zechstein showing the reflectors. From the seismic point of view, the Zechstein deposits consist of series of interlayered sets of high-velocity deposits (carbonates and anhydrites) and low-velocity sets (salt). At the contacts of these sets reflections appear which are shown on the seismic sections

Celem niniejszej pracy jest podsumowanie obecnego stanu wiedzy o facjach i paleogeografii anhydrytu dolnego jako ważnego czynnika warunkującego rozkład facji wyżej leżących poziomów cechsztynu (27, 34, 36). Dane o miąższości pochodzą z analizy materiałów sejsmicznych i przedstawiona mapa (ryc. 1) jest zaktualizowaną wersją mapy opracowanej 12 lat temu (2). Zastosowana metodyka jest przedstawiona gdzie indziej (3) i polega na interpretacji geologicznej ułożenia trzech najlepiej śledzących się cechsztyńskich horyzontów sejsmicznych (ryc. 2). Są to:

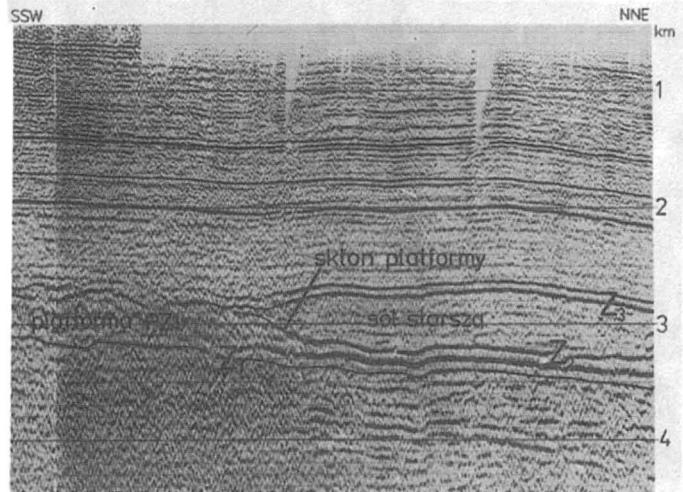
Z₁' (odzwierciedlający ułożenie powierzchni spągowej cechsztynu),

Z₂ (związany z granicą anhydryt podstawowy — starsza sól kamienna), oraz

Z₃ (granica anhydryt główny — młodsza sól kamienna).

Analiza wzajemnego położenia tych trzech horyzontów umożliwia jednoznaczne określenie zasięgu platformy cyklu PZ1 i jej skłon w kierunku otwartego zbiornika. Obszar tej platformy cechuje duża miąższość osadów cyklu PZ1 (znaczną odległość między horyzontami Z₁' i Z₂) i niewielka miąższość utworów soli cyklu PZ2 (mała odległość między horyzontami Z₂ i Z₃). Poza platformą cyklu PZ1 horyzonty Z₁' i Z₂ zbliżają się do siebie (co jest związane z małą miąższością utworów cyklu PZ1), horyzonty zaś Z₂ i Z₃ oddalają się (co jest związane z dużą miąższością soli cyklu PZ2). Wyraźnie wyodrębniająca się strefa przejścia horyzontu Z₂ od Z₃ do Z₁' określa skłon platformy (ryc. 3).

Sporządzona na tej podstawie mapa miąższości utworów cyklu PZ1 stanowiła punkt wyjścia do konstrukcji mapy miąższości poszczególnych poziomów. Metoda ta ma szczególne znaczenie dla obszarów nie rozwierconych lub słabo rozwierconych, które są rozpoznane sejsmicznie. Na szczególnie dobrze rozwierconych obszarach, takich jak LGOM czy rejon Zatoki Puckiej, posłużono się danymi z wierceń. Informacje o wykształceniu litologicznym uzyskano podczas profilowania sedimentologicznego wszystkich otworów wykonanych przez Państwowy Instytut Geologiczny oraz niektórych wierceń wykona-



Ryc. 3. Głębokościowy przekrój sejsmiczny 5-I-76. Rejon Gorzowa Wielkopolskiego. Przewyższenie trzykrotne - długość prezentowanego odcinka wynosi 16,5 km

Fig. 3. Seismic section 5-I-76 in the Gorzów Wlkp. region. Vertical exaggeration three times, the length of the section is 16.5 km

nych przez górnictwo naftowe, przede wszystkim na obszarze przedsudeckim, a cechujących się dużym stopniem rdzeniowania. Ogółem sprofilowano przeszło 250 otworów ertnicznych. W wielu z nich, mimo na ogół silnego przekryształowania, jakie stwierdza się na prawie całym obszarze Niziu Polskiego (wyjątkiem jest rejon Zatoki Puckiej), stwierdzono (np. 13) struktury i tekstury, pozwalające, na podstawie wyników badań współczesnych i kopalnych środowisk ewaporatowych (35), na bardziej precyzyjną niż dotychczasowa interpretację środowiskową.

MIAŻSZOŚĆ

W środkowej części zbiornika miąższość anhydrytu dolnego waha się nieznacznie i wynosi na ogół poniżej 50 m (ryc. 1). Przeciwnie jest w peryferycznej części zbiornika, gdzie miąższość zmienia się szybko na krótkim odcinku; dokumentują to dobrze obserwacje P. Kijewskiego i W. Salskiego (8) w rejonie LGOM. Na ogół wzór tych zmian wydaje się być bardzo nieregularny, z wyjątkiem strefy przejścia peryferycznej części zbiornika w strefę środkową, z którą jest związany stopniowy spadek miąższości anhydrytu dolnego. Nieregularny wzór miąższości anhydrytu dolnego w peryferycznej części zbiornika często nie zaznacza się jednak, zwłaszcza na платфор-

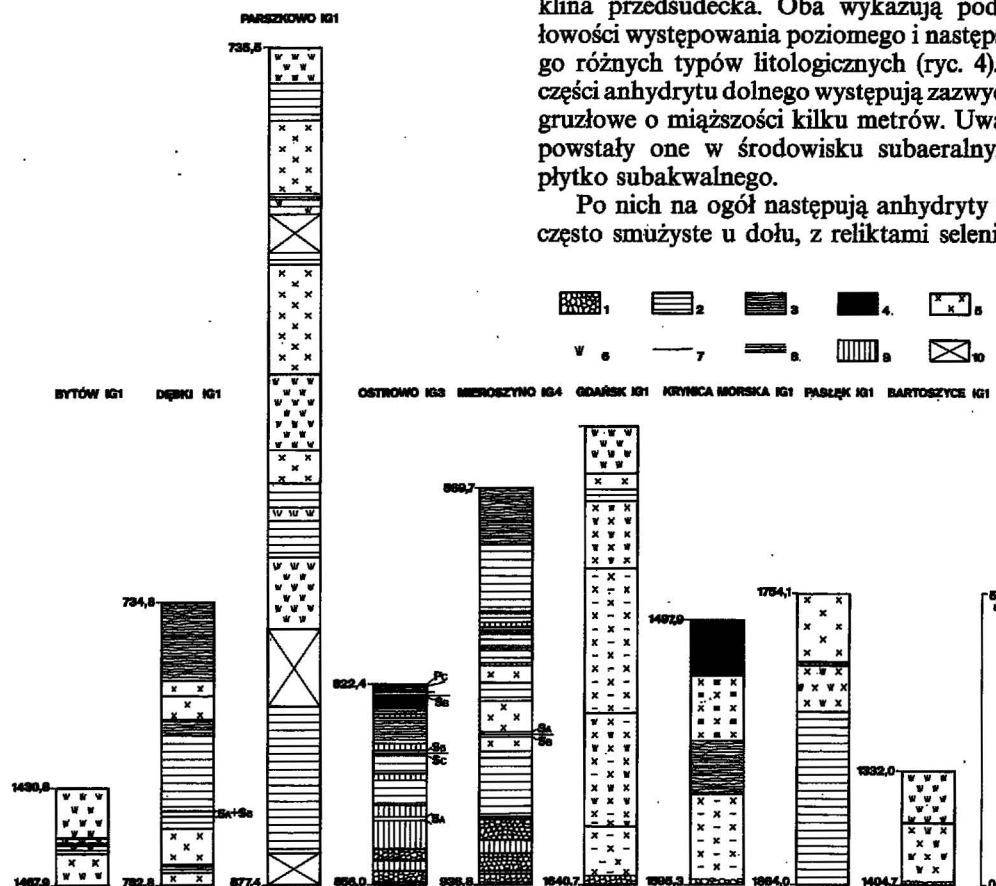
mie prekambryjskiej, w obrazie miąższości cyklu PZ1, gdyż zróżnicowanie będące efektem depozycji anhydrytu dolnego zostało w znacznej mierze zniwelowane przez depozycję najstarszej soli kamiennej, której utwory mają dużą miąższość na obszarach o małej miąższości anhydrytu dolnego, małą zaś tam, gdzie sekwencje anhydrytu dolnego są grube (4, 19).

Obszar peryferycznej części zbiornika anhydrytu dolnego został dobrze rozpoznany wierceniami przede wszystkim w Polsce północno-zachodniej oraz na obszarze przedsudeckim, co w połączeniu z wynikami interpretacji danych sejsmicznych zapewnia dużą wiarygodność przedstawionej interpretacji. Inaczej jest – ogólnie rzecz ujmując – we wschodniej części zbiornika, gdzie obraz miąższości jest najprawdopodobniej dużo bardziej złożony, niż to przyjmowano dotychczas. Wskazują na to dobrze udokumentowane wierceniami szybkie zmiany w rejonie Zatoki Puckiej (4, 19) oraz fakt występowania płytczyn (platform siarczanowych) o stosunkowo małej powierzchni i rozległych przylegających do nich obniżeniach (basenów); takich samych stosunków można się spodziewać także w pozostałej części syneklizy perybałtyckiej.

PERYFERYCZNA CZĘŚĆ ZBIORNIKA

Dwa obszary peryferycznej części zbiornika są szczególnie dobrze poznane: rejon Zatoki Puckiej oraz monoklina przedsudecka. Oba wykazują podobne prawidłowości występowania poziomego i następstwa pionowego różnych typów litologicznych (ryc. 4). W najniższej części anhydrytu dolnego występują zazwyczaj anhydryty gruzłowe o miąższości kilku metrów. Uważa się (29), że powstały one w środowisku subaeralnym do bardzo płytko subakwalnego.

Po nich na ogół następują anhydryty warstwowane, często smużyste u dołu, z relikami selenitów, powstałe



Ryc. 4. Wybrane profile anhydrytu dolnego z obszaru syneklizy perybałtyckiej (peryferyczna część zbiornika)

Fig. 4. Selected sections of the Lower Anhydrite from the Peri-Baltic syncline (peripheral part of the basin)

1 – anhydryt gruzłowy, 2 – anhydryt warstwowany (stratolity typu A – S_A), 3 – anhydryt laminowany (stratolity typu B – S_B), 4 – anhydryt laminowany zaburzony (stratolity typu C – S_C), 5 – anhydryt masywny, przekryształowany (pletolity), 6 – pseudomorfozy po kryształach selenitu, 7 – relikty warstwowania, 8 – relikty laminacji, 9 – brak rdzenia, 10 – rdzeń zagubiony

1 – nodular anhydrite, 2 – bedded anhydrite (type A stratolite – S_A), 3 – laminated anhydrite (type B stratolite – S_B), 4 – disturbed laminated anhydrite (type C stratolite – S_C), 5 – massive, recrystallized anhydrite (pletolite), 6 – pseudomorphs after selenite crystals, 7 – relics of bedding, 8 – relics of lamination, 9 – no coring, 10 – lost core

w środowisku subakwalnym. Niekiedy anhydryty warstwowe występują aż do stropu anhydrytu dolnego, choć zazwyczaj po nich następują anhydryty masywne lub laminowane (ryc. 4). Anhydryty masywne zawierają miejscami pseudomorfozy po kryształach selenitu o wysokości kilku centymetrów (fot. A na okładce, ryc. 5B, C). Miąższość tych anhydrytów masywnych przekracza miejscami kilkadziesiąt, a nawet sto metrów, i takie grube kompleksy anhydrytów masywnych są charakterystyczne dla platform.

W górnych częściach sekwencji platformowych stwierdzono epizody wynurzenia subaeralnego, zaznaczone rozpuszczaniem (ryc. 5B, C) oraz precypitacją halitowo-siarczanową w środowisku subaeralnym, powstawaniem spękanych pokryw (ryc. 5A), a także rozwojem anhydrytów gruzłowych. Niekiedy w obrębie kompleksów anhydrytów masywnych stwierdza się przewarstwienia wykazujące teksturę brekcjową, powstałą w wyniku fragmentacji selenitów i lokalnego transportu tak powstałych fragmentów (ryc. 5B).

Dalszy ich transport oraz ziarn gipsu, wytrąconych w środowisku saliny, prowadził do wykształcenia się uziarnienia frakcjonalnego (ryc. 6A), co się dość często obserwuje w rejonie Zatoki Puckiej. Obecność cykli turbidytowych stwierdzono wcześniej na pograniczu peryferycznej i centralnej części zbiornika (13), wyniki zaś badań w rejonie Zatoki Puckiej dostarczają dowodu na działanie takich samych mechanizmów w peryferycznej części zbiornika. Jest to zrozumiałe, zważywszy na dość dużą różnicę głębokości między lokalnymi platformami i przyległymi do nich basenami. Osady uziarnione frak-

jonalnie są typowe dla stoków lokalnych platform (w rejonie Zatoki Puckiej mają one poniżej 10 km² powierzchni) i towarzyszą one, w dolnej i środkowej części stoku, zbrekcjowaniu, zafałdowaniu i innym zaburzeniom warstwowania (ryc. 6B). Sekwencje typowe dla stoków lokalnych platform mają na ogół 50–150 m miąższości, sekwencje basenów zaś mają na ogół poniżej 50 m miąższości. W tych basenach powyżej anhydrytów warstwowych występują anhydryty laminowane, rejestrujące sedimentację w warunkach bardziej głębokowodnych; dość często są one zbrekcjowane i sfałdowane (ryc. 6C). Układ płycizn i obniżen jest dość złożony i co więcej, obserwacje z obszaru przedsudeckiego (w tym dane zawarte w 21) zdają się wskazywać na zmiany tego układu w trakcie depozycji anhydrytu dolnego.

ŚRODKOWA CZĘŚĆ ZBIORNIKA

W środkowej części zbiornika dominują osady laminowane (ryc. 7), często wykazujące cykliczność solarną (fot. C na okładce, ryc. 8C). W najniższej części powszechnie występują anhydryty gruzłowe, na ogół wyraźnie warstwowe (ryc. 8A), a niekiedy, jak np. otworach Czaplinek IG 1 i Czaplinek IG 2, wykazujące obecność relików laminacji w górnej części. Powyżej anhydrytów gruzłowych występują anhydryty warstwowe (ryc. 8B), często zrekrystalizowane, po czym szybko pojawiają się anhydryty laminowane.

Anhydryty laminowane budują także często znaczną część profilu pogranicza platformy i basenu, przy czym w takich wypadkach laminitom, które są często pofalowa-

Ryc. 5. A — anhydryt przekryształizowany, z wyraźnymi relikami pokryw często spękanych, z ponasuwanymi na siebie ich fragmentami. Sławoszyńko ONZ1, gl. 781,0 m. B — pseudomorfozy anhydrytu po kryształach selenitu („murawa selenitowa” — 24); u dołu wyraźna powierzchnia rozpuszczania, w najwyższej części — anhydryt (pierwotnie gips) klastyczny. Zdrada IG 1, gl. 832,3 m. C — „murawa selenitowa”; wzrost kryształów był przerywany rozpuszczaniem (środkowa część zdjęcia). Zdrada IG 1, gl. 838,6 m. Wszystkie fot. J. Modrzejewska i R. Ufnal

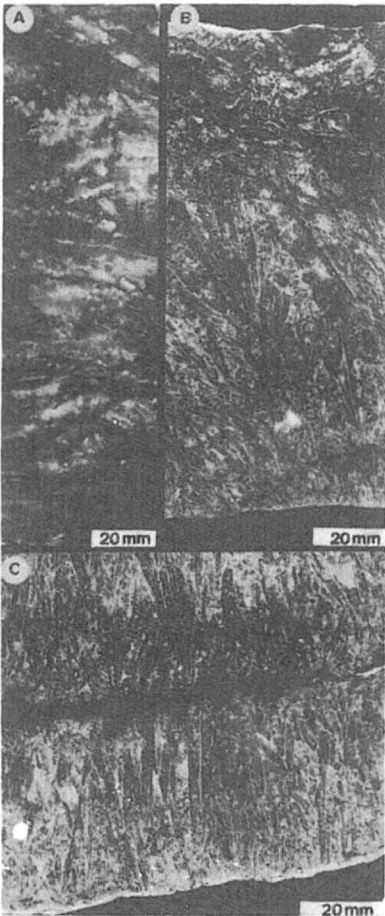
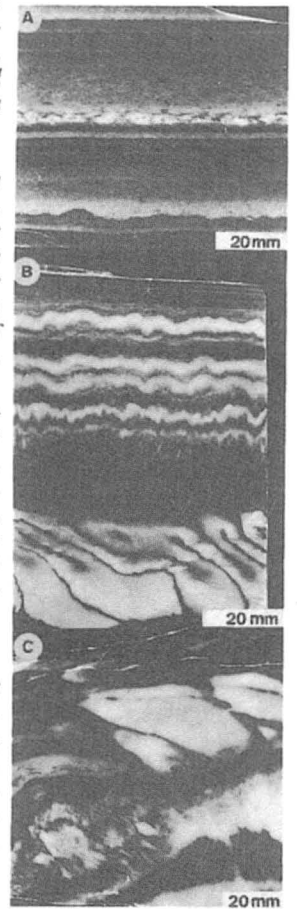


Fig. 5. A — recrystallized anhydrite, with relics of crusts which are broken, and their fragments are piled up. Sławoszyńko ONZ1, depth 781.0, B — pseudomorphs of anhydrite after selenitic crystals ("selenitic grass" — 24), clastic anhydrite (primarily gypsum) in the upper part of photo, dissolution surface in the lower part. Zdrada IG 1, depth 832.3 m. C — "selenitic grass"; growth of crystals was interrupted by dissolution (the middle part of photo). Zdrada IG 1, depth 838.6 m. All photos by J. Modrzejewska i R. Ufnal

Ryc. 6. A — anhydryt uziarniony frakcjonalnie, co jest zaznaczone zmianą barwy oraz wyraźnymi cechami mikroskopowymi (zob. 13), z częstymi rozmyciami wcześniej osadzonych utworów. Krynica Morska IG 1, gl. 1533,0 m. B — anhydryt zaburzony, o intensywnych deformacjach wiązanych z osuwiskami (7). Krynica Morska IG 1, gl. 1546,3 m. C — anhydryt laminowany (pierwotna laminacja widoczna w najwyższej części okazu) wyraźnie zdeformowany, u dołu enterolitowy. Czarny Młyn IG 2, gl. 852,4 m

Fig. 6. A — graded-bedded anhydrite; colour changes correspond to different grading what is indicated by microscopic features (see 13), with frequent erosion of earlier-deposited sets. Krynica Morska IG 1, depth 1533.0 m. B — disturbed anhydrite with intensive deformation related to slumps (7). Krynica Morska IG 1, depth 1546.3 m. C — laminated anhydrite (primary lamination is seen in the uppermost part of the specimen) which shows deformations including enterolitic structure at the bottom. Czarny Młyn IG 2, depth 852.4 m



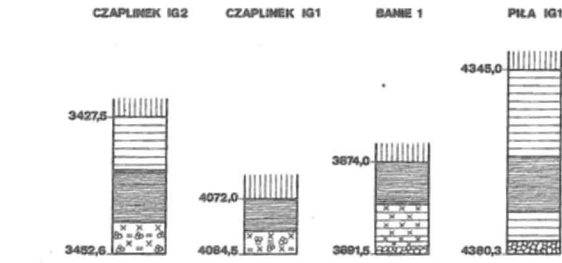
ne i powyginane, o zmiennym nachyleniu lamin (otwór Strzelce Krajeńskie IG 1) towarzyszą anhydryty pasemkowane uziarnione frakcjonalnie (jak np. w otworach Kamień Pomorski IG 1 oraz Bydgoszcz IG 1) (fot. B na okładce).

W otworze Szubin IG 1 stwierdzono obecność anhydrytów laminowanych, miejscami smużycie warstwowanych, o na ogół zaburzonej laminacji (liczne pofalowania i pofalowania). Ze względu na stwierdzone upady ok. 45° w poziomie wapienia cechsztyńskiego oraz kilkakrotne powtórzenie w profilu cechsztynu warstwy dolomitu o miąższości ok. 4 m i uznanej za reprezentującej dolomit główny początkowo zinterpretowano otwór Szubin IG 1 jako naruszony tektonicznie, określając że maksymalna miąższość cyklu PZ1 wynosi 198 m (32), przy czym utwory cyklu PZ1 miały reprezentować typowe utwory basenowe. Przeciwno takiej interpretacji przemawiają jednakże następujące fakty:

1. Wyształcenie anhydrytu dolnego oraz górnego wskazuje na depozycję na stoku platformy siarczanowej. Obserwowane zmienne upady w połączeniu z cechami skał są interpretowane jako rezultat wielkoskalowych osuwisk, podobnych do stwierdzonych wokół płychny Eichsfeld (8, 14).

2. Utwory soli najstarszej są silnie zrekrystalizowane i dlatego trudno na podstawie ich badań orzec, w jakim środowisku one powstały, ale w każdym razie bardzo charakterystyczny jest – zdaniem G. Czapowskiego – brak reliktyw jakichkolwiek cech wskazujących na głęboką strefę depozycji.

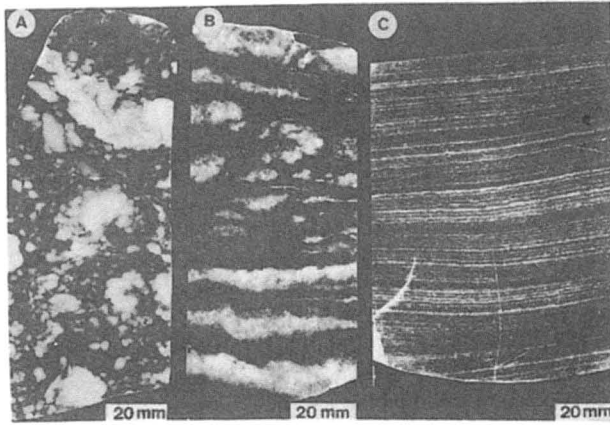
3. W sąsiedztwie przewarstwień dolomitowych na głęb. 4014,5–4018,5 i 4023,0–4027,0 nie stwierdzono żadnych dowodów wskazujących na istnienie uskoku i powtórzenia tektonicznego, przy czym według interpretacji zakładającej istnienie kilku uskoku w dolnej części cechsztynu dolne przewarstwienie miało być w położeniu normalnym, górne zaś – w odwróconym. Takiej koncepcji zaprzeczyły porównawcze badania sekwencji w obrębie obu przewarstwień, wykonane przez A. Gąsiewicza; wykazały one, że w obu wypadkach występuje takie samo następstwo.



Ryc. 7. Wybrane profile anhydrytu dolnego środkowej części zbiornika (objaśnienia jak przy ryc. 4)

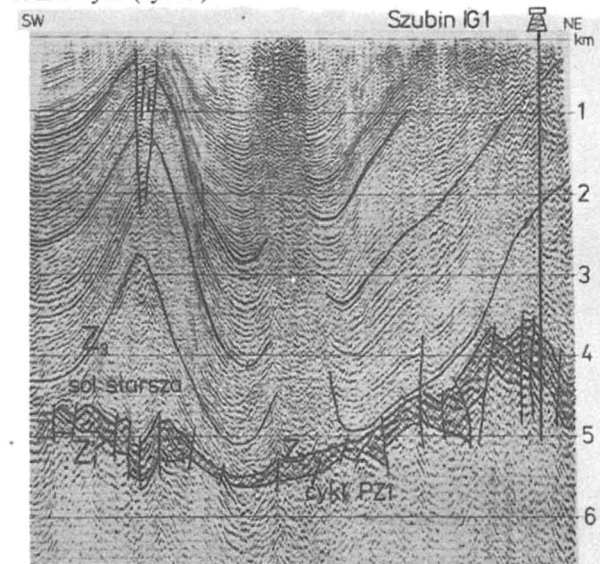
Fig. 7. Selected sections of the Lower Anhydrite from the central part of the basin (see Fig. 4 for explanation)

W związku z powyższym wydaje się, że profil otworu Szubin IG 1 może reprezentować specyficzną fację cyklu PZ1, związaną z dolną częścią stoku izolowanej (?) platformy ewaporatowej cyklu PZ1 w obrębie środkowej części zbiornika. Wniosek taki został wcześniej sformułowany (1) w wyniku analizy miąższości cyklu PZ1 w środkowej części zbiornika cechsztyńskiego, gdzie nie przekracza ona w zasadzie 150 m, a na obszarze niemieckiej części zbiornika wynosi ok. 50 m. Na obszarze synklinorium mogileńskiego można by się spodziewać stosunkowo niewielkiej miąższości utworów cyklu PZ1 (w granicach 50–100 m), jak jednak wynika z obrazu zarejestrowanego na licznych przekrojach sejsmicznych, miąższość ta jest znacznie większa i niekiedy przekracza 500 m (1). Taką też sytuację stwierdza się na profilu sejsmicznym dowiązującym do otworu Szubin IG 1, co poddaje w wątpliwość tłumaczenie dużej miąższości utworów cyklu PZ1 w tym otworze powtórzeniem tektonicznym (ryc. 9).



Ryc. 8. A – anhydryt gruzłowy, o wyraźnie rozpoznawalnej teksturze zaburzającej oraz zastępującej; pierwotny osad widoczny miejscami w dolnej części. Kamień Pomorski IG 1, gl. 2707,5 m. B – anhydryt warstwowany smużycie i lekko przekątnie, miejscami gruzłowy i przekrystalizowany. Kamień Pomorski IG 1, gl. 2680,6 m. C – anhydryt laminowany – warwowy, o wyraźnie powtarzających się anomaliach grubości lamin (głównie co 11 par lamin; tego typu powtarzalność jest wiązana z cyklami solarnymi – 23). Czaplunek IG 2, gl. 3438,9 m

Fig. 8. A – nodular anhydrite; displacive and replacive textures and in the lower part the original deposit are seen. Kamień Pomorski IG 1, depth 2707.5 m. B – flaser to slightly inclined cross-bedded anhydrite, in places nodular and recrystallized. Kamień Pomorski IG 1, depth 2680.6 m. C – laminated varval anhydrite, with evident recurrence of anomalies of thickness of laminae (mostly every eleven pair of laminae; such recurrence is being related to solar cycles – 23). Czaplunek IG 2, depth 3438.9 m



Ryc. 9. Głębokościowy przekrój sejsmiczny 39-IV-76. W środkowej części wysad Damasławka, w części południowo-zachodniej struktura Wągrowca. Utwory cyklu PZ1 są oznaczone kratką. Przewyższenie sześciokrotne – długość prezentowanego odcinka profilu wynosi około 40 km

Fig. 9. Seismic section 39-IV-76. In the middle part Damasławek diapir, in the south-western part Wągrowiec structure occur. The PZ1 deposits are hachured. Vertical exaggeration six times, the length of the section is about 40 km

Obszar występowania nietypowo dużych miąższości utworów cyklu PZ1 został udokumentowany na obszarze synklinorium mogileńskiego z przedłużeniem w antyklinorium pomorskie. To zwiększenie miąższości wydaje się być związane z płytkowodnymi warunkami depozycji w strefie rozdzielającej polską część zbiornika cechsztyńskiego na dwa podbaseny: wschodni i zachodni. Wiele wskazuje na to, że niektóre osobliwości rozwoju cechsztyntynu można wyjaśnić odrębnie przebiegającym rozwojem tych podbasenów.

HISTORIA SEDYMENTACJI

Pod koniec depozycji wapienia cechsztyńskiego nastąpił spadek poziomu morza, w rezultacie czego znaczna część zbiornika wapienia cechsztyńskiego uległa wynurzeniu; spadkowi poziomu morza towarzyszyła depozycja cienkiej sekwencji sebhya (np. 15). Sekwencja anhydrytu dolnego, zaczynająca się powszechnie anhydrytami grubłowymi powstałymi w środowisku subaeralnym do skrajnie płytkowodnego, po których następują anhydryty warstwowe i następnie laminowane powstałe w środowisku podwodnym, ma charakter transgresywny, podobnie jak w innych częściach zbiornika cechsztyńskiego (29, 22). Transgresja postępowała wolno, w rezultacie czego obserwuje się znaczną jednolitość następstw litofacji. Jednocześnie z transgresją następowała, na peryferycznym obszarze zbiornika, progradacja osadów siarczanowych, co prowadziło do powstania platformy siarczanowej opartej o platformę węglanową.

Na obszarze Morza Północnego (29) oraz Niemiec (25, 22) stwierdzono wyraźną cykliczność anhydrytu dolnego. J.C.M. Taylor (29) oraz C. Poehlig (22) zinterpretowali ją jako wynik wahań poziomu morza, G. Richter-Bernburg (25) zaś — jako rezultat inwazji ciepłych wód w głąb zimnych wód środkowej części basenu. Cykliczności takiej nie stwierdzono dotychczas na obszarze Polski, co może wynikać z faktu, że brak dobrze rdzeniowanych otworów z środkowej części zbiornika.

Wzór sedymentacji anhydrytu dolnego był dość złożony, gdyż był rezultatem wzajemnego oddziaływania kilku czynników, z których najważniejszymi były: tempo sedymentacji siarczanów, subtelne różnice tempa subsydencji zarówno regionalne, jak i lokalne, oraz — jak to wynika z badań w pozostałych częściach zbiornika cechsztyńskiego — eustatyczne wahania poziomu morza. W rezultacie dochodziło, w peryferycznej części zbiornika, do powstania izolowanych obszarów lagunowych, gdzie mogła następować depozycja halitu. Z drugiej strony ze szczegółowych korelacji w rejonie Zatoki Puckiej (20) wiadomo, że w trakcie depozycji siarczanów na lokalnych platformach w obrębie peryferycznej części zbiornika trwała — w przyległych obniżeniach — depozycja chlorków, być może w wyniku powstania stratyfikacji gęstościowej w basenie o znacznym zróżnicowaniu batymetrycznym. Fakty te wskazują na diachronizm spągu najstarszej soli kamiennej.

W rezultacie szybszego tempa sedymentacji w peryferycznej części zbiornika (gdzie na rozległych równiach ewaporatowych o niewielkiej głębokości — kilkudziesiąt centymetrów do kilkudziesięciu metrów — powstawały głównie kryształy na granicy osad — woda) w porównaniu ze środkową częścią zbiornika (gdzie dominowały mechanicznie osadzane osady laminowane — „deszcz” osadów wytrąconych na granicy woda — powietrze), nastąpiło zróżnicowanie reliefu między peryferyczną a środkową częścią zbiornika. Sądząc z faktu pojawiania się osadów

uziarnionych frakcjonalnie, które są interpretowane jako turbidyty (13), nastąpiło to dość wcześnie w historii sedymentacji anhydrytu dolnego, przy czym różnica reliefu była znacznie mniejsza niż wynikałoby to z różnicy miąższości w obu tych głównych prowincjach depozycji anhydrytu dolnego. Jest to związane ze znacznie większą kompaktacją utworów siarczanowych złożonych w środkowej części zbiornika (11).

PODSUMOWANIE

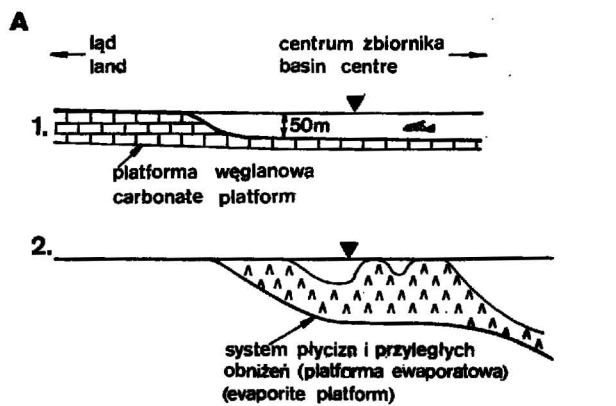
Na początku depozycji anhydrytu dolnego istniała — jak można przypuszczać (15) — różnica reliefu, wynosząca kilkadziesiąt metrów między obszarem platform węglanowych wapienia cechsztyńskiego a przyległych basenów. Ta różnica uległa jednak — w peryferycznej części zbiornika — znacznemu zmniejszeniu w rezultacie depozycji utworów siarczanowych o małej miąższości na obszarze platform węglanowych wapienia cechsztyńskiego i znacznej — na ich stokach (ryc. 8). Podobnie, w rezultacie intensywniejszej depozycji na wyniesieniach grzbietu wolsztyńskiego i wokół nich, doszło do wyrównania reliefu odziedziczonego po sedymentacji wapienia cechsztyńskiego w tej części zbiornika.

Efektom było powstanie rozległego systemu platform siarczanowych i przyległych basenów, gdzie — w rezultacie sedymentacji — wykształcił się nowy układ obniżień i spłyceń nawiązujący tylko częściowo do planów tektonicznych znanych wcześniej. Ten nowy układ był jednakże również uwarunkowany tektonicznie, za czym przemawia liniyny lub wyraźnie blokowy przebieg stref w rejonie LGOM czy Zatoki Puckiej. Owe strefy tektoniczne zaznaczały najprawdopodobniej swoją aktywność w trakcie depozycji wapienia cechsztyńskiego, jednakże nie znalazło to odzwierciedlenia w zapisie litofacyjnym, ze względu na ich subtelność i jednoczesny oportunizm utworów węglanowych. Ich przeciwieństwem są ewaporaty, bardzo wrażliwie reagujące na subtelne zmiany środowiskowe.

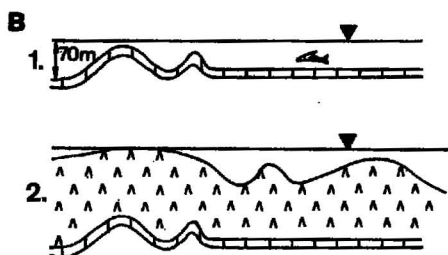
Uwagę zwraca identyczne wykształcenie sekwencji idące w parze ze znacznym zróżnicowaniem miąższości (np. Olsztyn IG 1 — Olsztyn IG 2), co wskazuje na znaczenie subsydencji jako czynnika prowadzącego do wzrostu miąższości. Typowe przykłady związków między subsydencją, konfiguracją podłoża i wykształceniem litologicznym pokazano na ryc. 10.

Rezultatem powstawania platform siarczanowych na stokach platform węglanowych oraz na części wyniesień podłoża zaznaczonych w trakcie depozycji wapienia cechsztyńskiego był nowy — ogólnie zawężający środkową część zbiornika — układ stosunków paleogeograficznych, odbiegający od tych znanych z Niemiec, gdzie strefa peryferyczna jest ogólnie wąska, środkowa zaś — rozległa (25). W strefie basenowej trwała głównie depozycja osadów laminowanych w warunkach trwale subakwalnych i prawdopodobnie dość głębokich (kilkadziesiąt metrów).

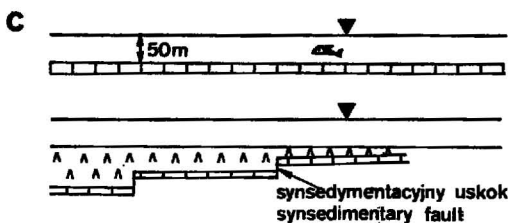
Inaczej rozwinęła się sytuacja w Polsce północno-zachodniej, gdzie istniały wyraźnie zarysowane, jakkolwiek niewielkie, deniwelacje dna zbiornika (31). W trakcie depozycji anhydrytu dolnego uległy one zaakcentowaniu. Wydaje się, że strefa położona na SW od Wysp Pomorskich zaczęła ulegać szybszej subsydencji, począwszy już od anhydrytu dolnego. Dlatego też — w takich warunkach — powstał system platformy siarczanowej o stosunkowo małej szerokości i ostro zarysowanych różnicach reliefu w jej obrębie, a także wyraźnej różnicy



Przykłady: wsch. część syneklizy perybałtyckiej, rejon Wrocławia
 Examples: eastern part of the Peri-Baltic syncline, the Wrocław region



Przykład: wał wolsztyński
 Example: the Wolsztyn ridge



Przykład: rejon Olsztyna
 Example: the Olsztyn region

Ryc. 10. Wpływ podłoża na depozycję anhydrytu dolnego (u dołu – zastany relief, u góry – relief pod koniec depozycji anhydrytu dolnego). A – przyrastanie platformy siarczanowej do platformy węglanowej wapienia cechsztyńskiego, B – powstanie systemu platformy siarczanowej wokół wyniesień podłoża, C – synsedymacyjne ruchy obniżające warunkujące zróżnicowanie miąższości przy identycznym wykształceniu litofacjalnym

Fig. 10. Control of the basement of the Lower Anhydrite on the deposition (at the bottom – inherited relief, at the top – relief at the end of the Lower Anhydrite deposition). A – attachment of the sulfate platform to the carbonate platform of the Zechstein Limestone, B – origin of sulfate platform system around the basement elevations, C – synsedimentary block movements resulted in varied thickness and identical lithofacies development

– choć znacznie mniejszej, niż to wynika z różnicy miąższości – przy uwzględnieniu różnej kompaktacji – między peryferyczną i środkową częścią zbiornika. Te podstawowe różnice, wykształcone w rezultacie depozycji anhydrytu dolnego, miały decydujące znaczenie dla przebiegu późniejszej depozycji cechsztyńskiej.

LITERATURA

1. Antonowicz L. – Z. Geol. Wiss. (w druku).
2. Antonowicz L., Knieszner L. – Proc.

Int. Symp. Central. Europ. Permian, 1981 s. 356–368.

3. Antonowicz L., Knieszner L. – Acta Geol. Pol., 1984 vol. 34 s. 81–94.
4. Dębski J. – Prz. Geol., 1983 nr 5 s. 293–299.
5. Dyjaczowski K., Wolny S. – Przew. L. Zjazdu Polsk. Tow. Geol., 1978 s. 133–149.
6. Gąsiewicz A., Peryt T.M., Rup M. – [W:] Proc. Symp. Zechstein (w druku).
7. Herrmann A., Richter-Bernburg G. – Z. Dt. Geol. Ges., 1955 vol. 105 s. 689–702.
8. Kijewski P., Salski W. – Geol. Sudetica, 1978 vol. 13 s. 97–134.
9. Kłapciński J. – Roczn. Pol. Tow. Geol., 1966 vol. 36 s. 65–78.
10. Kłapciński J. – Geol. Sudetica, 1971 vol. 5 s. 77–136.
11. Langbein R. – Lecture Notes in Earth Sciences, 1987 vol. 10 s. 143–188.
12. Lorenc S. – Geol. Sudetica, 1975 vol. 10 s. 59–104.
13. Orti Cabo F., Peryt T.M., Rosell Ortiz L. – Prz. Geol., 1988 nr 4 s. 236–238.
14. Paul J. – Geol. Soc. Spec. Publ., 1986 vol. 22 s. 143–147.
15. Peryt T.M. – Pr. Inst. Geol., 1984 vol. 109 s. 1–80.
16. Peryt T.M. – Bull. Pol. Acad. Sci., Earth Sci., 1989 vol. 37 s. 103–119.
17. Peryt T.M. – Biul. Państw. Inst. Geol., 1990 nr 364 (w druku)
18. Peryt T.M., Czapowski G. – Prz. Geol., 1988 nr 4 s. 235–236.
19. Peryt T.M., Czapowski G., Dębski J., Pizon A. – Ibidem, 1985 nr 4 s. 204–211.
20. Pizon A., Peryt T.M., Dębski J. – Ibidem, 1985 nr 12 s. 659–663.
21. Podemski M. – Pr. Inst. Geol., 1973 vol. 71 s. 1–101.
22. Poehlig Ch. – Goettinger Arb. Geol. Palaeont., 1986 vol. 30 s. 1–99.
23. Richter-Bernburg G. – Geol. Rundschau, 1960 vol. 49 s. 132–148.
24. Richter-Bernburg G. – [In:] C.W. Drooger (ed.) – The Messinian Events in the Mediterranean, Amsterdam, 1973 s. 124–141.
25. Richter-Bernburg G. – Geol. Jb., R. A., 1985 H. 85 s. 3–82.
26. Rup M. – Prz. Geol., 1988 nr 4 s. 238–240.
27. Sannemann D., Zimdars J., Plein E. – Z. Dt. Geol. Ges., 1978 vol. 129 s. 33–69.
28. Sokołowski J. – Geol. Sudetica, 1967 vol. 3 s. 297–367.
29. Taylor J.C.M. – Contr. Sedimentology, 1980 vol. 9 s. 91–113.
30. Vai G.B., Ricci Lucchi F. – Sedimentology, 1977 vol. 24 s. 211–244.
31. Wagner R. – Pr. Inst. Geol., 1976 vol. 79 s. 18–39.
32. Wagner R. – Ibidem, 1987 vol. 119 s. 64–81.
33. Wagner R. – Kwart. Geol., 1988 vol. 32 s. 33–52.
34. Wagner R., Piątkowski T.S., Peryt T.M. – Prz. Geol., 1978 nr 12 s. 673–686.
35. Warren J.K. – Evaporite Sedimentology. Prentice Hall, Englewoods Cliffs, 1989.
36. Ziegler M.A. – Geol. Rundschau, 1989 vol. 78 s. 105–127.

S U M M A R Y

At the end of the Zechstein Limestone deposition the sealevel felt. The sequence of Lower Werra Anhydrite is transgressive. The progradation of sulfate deposits which, in the peripheral part of the sedimentary basin, took place along with the transgression, led to the development of a sulphate platform which was attached to the carbonate platform of the Zechstein Limestone. A depositional pattern of the Lower Werra Anhydrite is quite complex as it results from the interaction of several factors; the most important were: the rate of sulfate deposition, fine differences of subsidence rate, both regional and local, and, as evidenced by the findings in other parts of the Zechstein basin, eustatic fluctuations of sea level.

The result was that in the peripheral parts of the basin isolated lagoons could originate in which chloride deposition took place. The faster rate of deposition in the peripheral part of the basin where on the vast evaporitic flats of small depth (a few tens of centimetres to a few tens of metres) bottom-nucleated crystals were formed, compared to the central part of the basin where mechanically-deposited laminated deposits ("rain" of crystals precipitated on the water-air boundary) originated, resulted in the differentiation of the relief between these both major areas.

Considering that graded-bedded deposits, which are interpreted as turbidites, appeared during a rather early phase of the deposition of Lower Werra Anhydrite, that differentiation was early but the relief difference was smaller than it is suggested by the difference of thickness of the Lower Werra Anhydrite sequences in both major zones.

Translated by T. Peryt

Р Е З Ю М Е

В конечной фазе осаждения цехштейнового известняка произошло понижение уровня моря. Секвенция нижнего ангидрита имеет трансгрессивный характер. Одновременно с трансгрессией, в периферийной части бассейна происходила проградация сульфатных осадков, что приводило к образованию сульфатной платформы, опирающейся на карбонатной платформе. Формула седиментации нижнего ангидрита была сложной из-за взаимодействия нескольких факторов; самые важные из них следующие: темп седиментации сульфитов, тонкие различия темпов субсиденции — как региональные так и местные, а также — как выказали исследования остальных частей цехштейнового бассейна — евстатические колебания уровня моря.

В результате этого, в периферийной части бассейна образовались изолированные лагунные области, где могла происходить седиментация хлоридов. В результате более скорого темпа седиментации в периферийной части бассейна (где на просторных эвапоритовых равнинах небольшой глубины — в несколько десятков сантиметров до нескольких десятков метров — образовались главным образом кристаллы на границе осадок — вода) в сравнении с центральной частью бассейна (где преобладали механически осажденные слойчатые отложения — „дождь” осадков, выпадающих на границе вода — воздух), произошла дифференциация рельефа между периферийной и центральной частями бассейна.

Учитывая факт появления фракционально зернистых осадков, интерпретированных как турбидиты, можно принять, что это произошло довольно рано в истории седиментации нижнего ангидрита, с тем, что разница в рельефе была гораздо меньше, чем это следовало бы из разницы мощностей этих обеих главных провинций депозиции главного доломита.