

Ewaporaty cechsztynu PZ1–PZ3 bloku Gorzowa

Tadeusz Marek Peryt¹

Zechstein 1–3 evaporites of the Gorzów Block (NW Poland). *Prz. Geol.*, 58: 689–694.



Abstract. The Gorzów Block (West Poland) occurs in the transition zone between the PZ1 sulphate platform and the Na2 basin. In contrast to the western part of the Southern Permian Basin where the Z1 halite (Oldest Halite Na1) is normally restricted to the peripheral subbasins located south of the main basin, in Poland it occurs both in the basin centre and in the former basins of the Lower Anhydrite within the marginal sulphate platform complex, where halite sequences are thick and may have originated in a deep-water setting. The Na1 deposits have been considered so far to be LST deposits both in the marginal sulphate platform facies as well as in the basin centre. Brine salinities (and the minerals they precipitate) are controlled by brine residence times in the basin, and these are determined primarily by the absolute and the relative rates of water flow into, and brine flux out of the basin (Kendall,

2010). Thus sea-level rise in the Boreal Sea could have resulted in the increase of the brine residence times in the Zechstein basin and the deposition of more saline evaporites. Consequently, the Oldest Halite in the basin centre in Poland is regarded as the TST deposit.

Keywords: Zechstein, evaporites, sequence stratigraphy, West Poland

Blok Gorzowa jest położony na granicy dwóch obszarów różniących się wykształceniem i miąższością utworów ewaporatowych cechsztynu: środkowej i peryferycznej części zbiornika; owa odmienność jest szczególnie dobrze wyrażona podczas cykli PZ1 i PZ2. W wyniku sedimentacji cyklu drugiego cechsztynu na całym obszarze środkowej części zbiornika powstały sole kamienne i potasowe o dużej miąższości, natomiast w cyklu pierwszym obserwuje się zasadniczą odmienność między obszarem Polski a obszarem północnych Niemiec – klasycznym rejonem, na którym zrodziły się koncepcje depozycji i stratygrafii cechsztynskich cyklotemów solnych (Richter-Bernburg, 1955a, b). O ile bowiem na obszarze północnych Niemiec utwory cyklu pierwszego mają miąższość poniżej 100 m, a w profilu ewaporatów występują wyłącznie anhydryty, to w przybliżeniu wzdłuż granicy niemiecko-polskiej przebiega granica z położonym bardziej na wschód obszarem o większej miąższości utworów cyklu pierwszego (ryc. 1; Peryt i in., 2010a). Obszar ten, cechujący się ponadto obecnością soli kamiennej w środkowej części profilu ewaporatów PZ1, został określony przez Wagnera (ryc. 1, 1994) jako „basen solny PZ1”. Biorąc pod uwagę położenie paleogeograficzne jest on pełnym odpowiednikiem basenu soli starszej Na2, która powstawała zarówno w środkowej części zbiornika, jak i w jego części peryferycznej (Wagner, 1994; Dadlez i in., 1998). Sól najstarsza Na1 zarówno w środkowej, jak i peryferycznej części zbiornika była – podobnie jak sól starsza Na2 i sól młodsza Na3 – uważana za osad ciągu systemów niskiego stanu względnego poziomu morza (LST) (Wagner & Peryt, 1997).

Celem niniejszej – mającej charakter przeglądu – pracy jest przedstawienie głównych czynników warunkujących rozwój sedimentacji ewaporatowych cykli PZ1–PZ3 w tej części zbiornika cechsztynskiego. Ewaporaty tworzą więcej niż 90% profilu utworów PZ1–PZ3 w rejonie bloku Gorzowa; maksymalnie jest to 98,6% w otworze Strzelce Krajeńskie IG1 (tab. 1). Brak jest współczesnych odpowiedników morskich ewaporatów powstających w środku basenu (Warren, 2006; Kendall, 2010), ale rozważania teo-

retyczne, jak i studia innych kopalnych basenów ewaporatowych, pozwoliły wyróżnić trzy główne typy facji ewaporatowych: równi mułowej, płytkowodną i głębokowodną oraz dwa zespoły ewaporatów morskich: obrzeża basenu (basin-marginal) – powstałe jako ciągi transgresywne (TST) i ciągi systemów wysokiego stanu względnego poziomu morza (HST) oraz środka basenu (basin-central) – dla którego typowe są osady LST (Kendall, 2010). Należy zaznaczyć, iż określenie stratygraficznego znaczenia granic sekwencji jest problematyczne w przypadku hydrologicznie izolowanych, obniżonych basenów takich, jakim był zbiornik cechsztynski przez znakomitą większość swojej historii (Warren, 2006).

Stosowana terminologia jest w przypadku chlorków oparta na wynikach badań Czapowskiego (1987), w przypadku siarczanów – na klasyfikacji Richter-Bernburga (1985; por. Peryt, 1994); a terminologia hydrogeologiczna podawana jest wg Dowgiałły i in. (2002).

Zarys dotychczasowych badań

Pierwsza synteza tej części zbiornika cechsztynskiego odzwierciedlała stan wiedzy w 1975 r. (Wagner, 1979). Badania Wagnera (1979) dotyczące obszaru niecki szczecińskiej i bloku Gorzowa wykazały wyrównaną miąższość anhydrytu dolnego (ok. 50 m) i zbliżoną – w północnej i środkowej części zbiornika – miąższość najstarszej soli kamiennej (20–50 m); w otworze Myślibórz GN1 sól kamienna jest facjalnie zastąpiona utworami siarczanowymi (Wagner, 1979). Anhydryt górny w środkowej części niecki szczecińskiej ma miąższość wyrównaną, wznoszącą ku północy i ku południowi – w stronę stref płytszych, o optymalnych warunkach dla sedimentacji siarczanów. Również w przypadku anhydrytu podstawowego miąższość rośnie w kierunku płytszej części zbiornika, natomiast miąższość soli starszej, wynosząca ok. 600–700 m (miąższość pierwotna) w środkowej części niecki szczecińskiej, szybko maleje w kierunku brzeżnej strefy zbiornika, a sól potasowa wyklinowuje się. Anhy-

¹Państwowy Instytut Geologiczny – Państwowy Instytut Badawczy, Rakowiecka 4, 00-975 Warszawa; tadeusz.peryt@pgi.gov.pl



Ryc. 1. Miąższość utworów pierwszego cyklotemu (izopachyty w metrach) we wschodniej części południowego basenu permiego (wg Dadleza i in., 1998 i Peryta i in., 2010a)

Fig. 1. Thickness of the Z1 cyclothem (isopachs in metres) in the eastern part of Southern Permian Basin (after Dadlez et al., 1998 and Peryt et al., 2010a)

dryt główny ma dość zróżnicowaną miąższość (20–50 m), a młodsza sól kamienna – dość stałą (150–200 m). Młodsza sól potasowa (od kilku do kilkunastu metrów miąższości) występuje lokalnie (Wagner, 1979). Późniejsze badania (Wagner, 1994; Dadlez i in., 1998) znacznie ten obraz uszczegółowiły, zwłaszcza w przypadku cyklu PZ4 (Wagner, 1994; Wagner & Peryt, 1997; Dadlez i in., 1998), który nie jest rozpatrywany w niniejszej pracy. Wagner (1994) doszedł do wniosku, iż w cechszynie bruzda śródpolska była obszarem o maksymalnej subsydencji, nie zawsze kompensowanej przez sedimentację, co miało miejsce aż po wczesny etap sedimentacji PZ2. W końcu sedimentacji cyklotemu PZ1 głębokość w środkowej części zbiornika mogła osiągnąć 200–300 m (Wagner, 1994); biorąc pod uwagę znaczną miąższość ewaporatów cyklu PZ2, ich sedimentacja zachodziła w basenie ulegającym szybkiej subsydencji (por. Peryt, 1992).

Efektom późniejszych prac sejsmicznych i wiertniczych, prowadzonych w rejonie Gorzowa Wlkp. (Mamczur i in., 1997; Górski i in., 1999; Dyjaczynski i in., 2006), było odkrycie złóż ropno-gazowych: Barnówko-Mostno-Buszewo (BMB) oraz Lubiatów-Międzychód-Grotów (LMG) oraz szeregu innych złóż węglowodorów w utworach dolomitu głównego, który stał się przedmiotem wielu badań i

publikacji (Pikulski & Protas, 1997; zob. artykuł na str. 695 pt. *Złoża węglowodorów w utworach cechsztyńskiego dolomitu głównego (Ca2) na bloku Gorzowa – Czekański i in., 2010*). Standardowe rdzeniowanie utworów dolomitu głównego zaowocowało obfitością dostępnego do badań materiału z przylegających doń utworów anhydrytu górnego (A1g) oraz podstawowego (A2), chociaż jeśli idzie o inne części profilu ewaporatów cechsztynu – podstawowym źródłem informacji pozostaje wykonany przeszło pół wieku temu otwór Gorzów Wlkp. IG1 z uwagi na fakt pełnego rdzeniowania. Jest on wszakże położony na obszarze platformy ewaporatowej (anhydrytowej) cyklu PZ1, natomiast stopień rdzeniowania utworów ewaporatowych w otworach położonych w środkowej części zbiornika jest stosunkowo niewielki; wyjątkiem jest otwór Strzelce Krajeńskie IG1.

W ciągu ostatnich dwóch dekad ukazało się wiele prac poświęconych różnym aspektom sedimentacji i geochemii (w tym izotopowej) cechsztyńskich utworów siarczanowych (Peryt & Antonowicz, 1990; Peryt i in., 1996a, b; Denison & Peryt, 2009; Hryniv & Peryt, 2010; Peryt i in., 2010b) i chlorkowych cechsztynu (Czapowski, 1993; Czapowski i in., 1990, 1993; Eastoe i in., 2007; Kovalevych i in., 2008) bloku Gorzowa.

Tab. 1. Miąższość (w metrach) poszczególnych jednostek litostratigraficznych cechsztynu w wybranych otworach wiertniczych
 Table 1. The thickness (in metres) of the Zechstein lithostratigraphic units in the selected boreholes

		Strzelce Krajeńskie IG1		Ciecierzycze		Gorzów Wlkp. IG1		Jeżyki 1	
PZ4		58,5		58,5		61,5		64	
PZ3	Na3t	4,5	187,5	–	187	–	223,6	–	234,5
	Na3g	61		84		182,9*		179,5*	
	K3	5		12					
	Na3d	75		61,5					
	A3	40		26,5		38,9		52,5	
	Ca3+T3	2		3		1,8		2,5	
PZ2	A2r	2	673,5	1,5	172	7,2	174	3,5	110,5
	Na2r	–		8		–		–	
	K2	35		3,5		–		8,5	
	Na2	625		113,5		119,3		23	
	A2	1,5		5,5		23,9		60	
	Ca2	10		40		23,6		15,5	
PZ1	A1g	45	150,5	>54		>29,4		78	295
	Na1	60,5		n.d.		n.d.		–	
	A1d	41		n.d.		n.d.		216	
	Ca1+T1	1,5		n.d.		n.d.		1	

*brak K3; n.d. – brak danych

*K3 lacking; n.d. – no data

Tło geologiczne

Na obszarze bloku Gorzowa i jego otoczenia sedymentację cykli PZ1 i PZ2 warunkował grzbiet wolsztyński, będący częścią wyniesienia brandenbursko-wolsztyńskiego, które było częścią eksternidów waryscyjskich, w późnym permie zaś – wewnątrzbasenowym grzbietem otoczonym przez baseny sedymentacyjne górnego czerwonego spagowca (Kiersnowski i in., 2010). W trakcie sedymentacji wapienia cechsztyńskiego środkowa część grzbietu wolsztyńskiego była miejscem powstawania wewnątrzbasenowych platform węglanowych, raf i profili skondensowanych (Dyjażczyński i in., 2001). Na obszarze bloku Gorzowa miąższość łupka miedzionośnego i wapienia cechsztyńskiego wynosi 0–2 m (Protas & Wojtkowiak, 2000). Następnie, na obszarze grzbietu wolsztyńskiego, powstała platforma anhydrytowa z rzadko występującymi, cienkimi przewarstwieniami soli kamiennej (zob. Zielińska-Pikulska & Pikulski, 2002 w: Hryniv & Peryt, 2010, ryc. 2B); nieco częściej spotyka się je na skłoni platformy anhydrytowej (np. Protas & Wojtkowiak, 2000). Platforma ta warunkowała rozkład facji cyklu PZ2, zanim basen został wypełniony chlorkami PZ2.

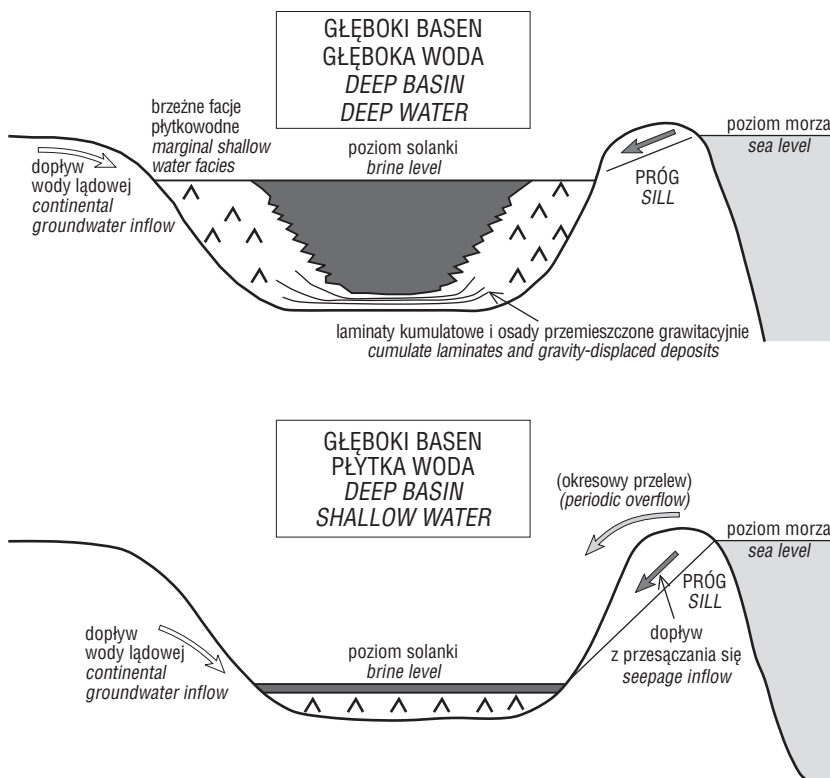
Wspomniane powyżej szczegółowe badania ewaporatów dotyczyły przede wszystkim dwóch otworów wiertniczych: w pełni rdzeniowanego otworu Gorzów Wielkopolski IG1 (który wszakże zakończył się w utworach anhydrytu górnego) (Czapowski, 1993; Czapowski i in., 1990; Eastoe i in., 2007; Denison & Peryt, 2009) oraz otworu Strzelce Krajeńskie IG1 (Czapowski i in., 1990; Peryt & Antonowicz, 1990). Biorąc pod uwagę profile otworów wiertniczych w pobliżu otworu Gorzów Wlkp. IG1 wydaje się, że profil PZ1 tego ostatniego składa się z wapienia cechsztyńskiego (i być może łupku miedzionośnego) (ok.

1,5 m) oraz ok. 300 m anhydrytów (dolnego i górnego) (por. tab. 1). Otwór Strzelce Krajeńskie IG1, położony 32 km na północny wschód od otworu Gorzów Wielkopolski IG1, cechuje się miąższością utworów PZ1 równą połowie tej zakładanej dla Gorzowa Wlkp. IG1, a także obecnością soli najstarszej. Z kolei osady PZ2 są znacznie grubsze w otworze Strzelce Krajeńskie IG1, natomiast utwory PZ3 i PZ4 mają podobną miąższość w obu otworach wiertniczych (tab. 1).

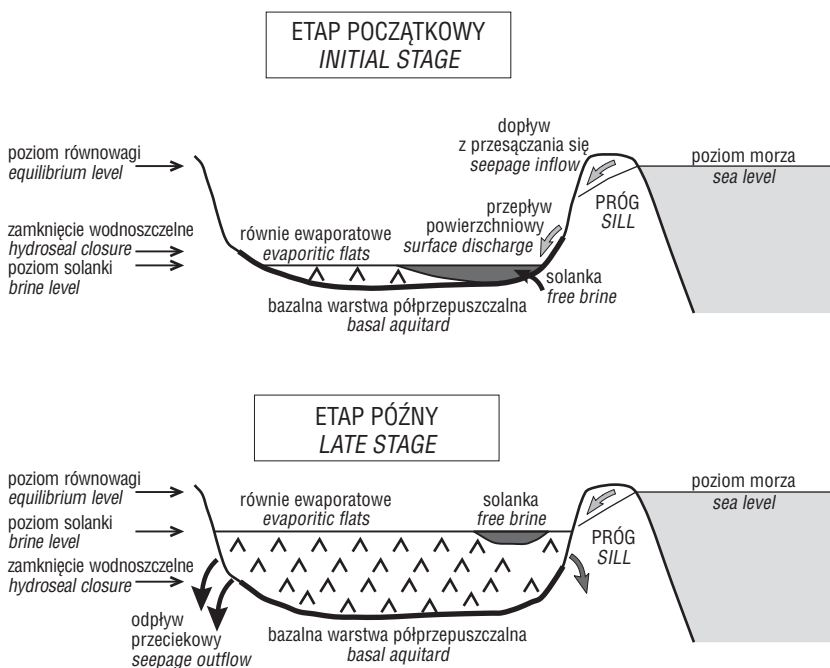
Sedymentacja ewaporatów cyklotemu PZ1

Analiza basenów kopalnych wskazuje, że ewaporaty powstałe w basenach o małym reliefie są podobne do ewaporatów szelfowych – z wyjątkiem ich położenia w środkowej części zbiornika – i są to w całości facje płytkowodne lub równi mułowej (Kendall, 2010). W basenach o dużym reliefie – a takim był zbiornik cechsztyński w trakcie depozycji cyklu PZ1 i większej części cyklu PZ2 – na szelfach brzeżnych tworzyły się facje płytkowodne i subaeralne (końcowe fazy wypełniania basenu po wyrównaniu reliefu depozycyjnego), natomiast ewaporaty głębokowodne są ograniczone do środkowej części zbiornika. Obocznie, blisko krawędzi basenu, ewaporaty głębokowodne przechodzą w facje płytkowodne z przejściową facją osadów stoku (ewaporaty redeponowane) (Peryt i in., 1993), udokumentowaną m.in. w anhydrycie dolnym w otworze Strzelce Krajeńskie IG1 (Peryt & Antonowicz, 1990) (por. ryc. 2).

Rozważania hydrodynamiczne wskazują, że ewaporaty głębokowodne środkowej części zbiornika (ryc. 2) wytrącały się z solanek lateralnie raczej jednolitych, chociaż prawdopodobnie uwarstwionych gęstościowo przez większość



Ryc. 2. Modele depozycyjne ewaporatów w głębokich zbiornikach (wg Kendall, 2010)
 Fig. 2. Depositional models for deep basin-central evaporites (after Kendall, 2010)



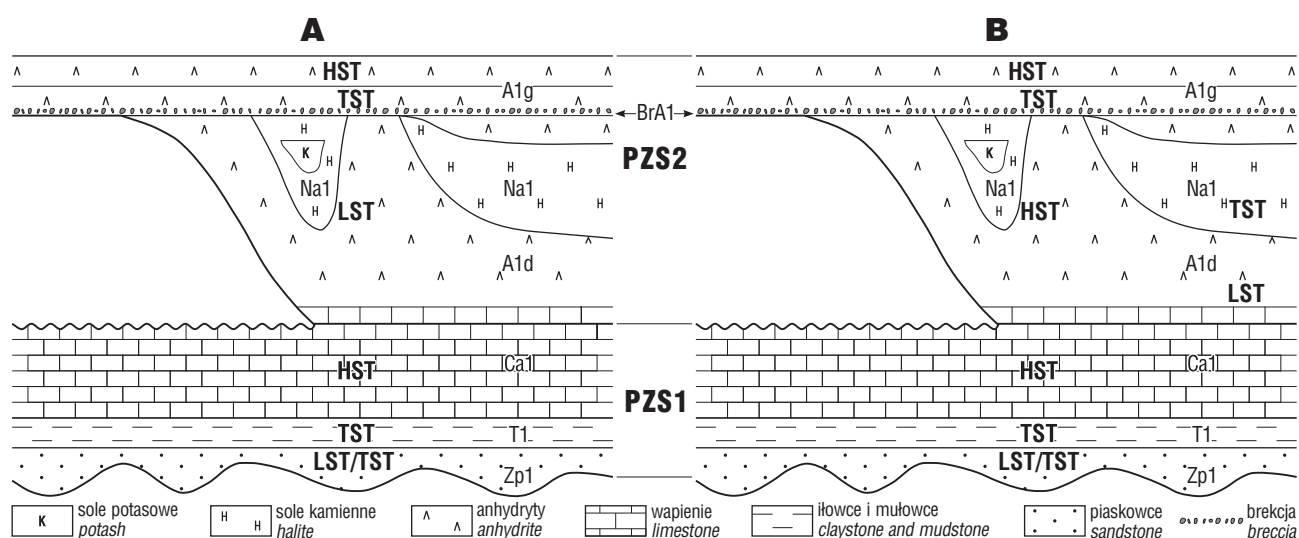
Ryc. 3. Diagramy ilustrujące dwa stadia rozwoju basenów z przesączania się (wg Kendall, 2010; na podstawie Logana, 1987). Etap początkowy cechuje się dużą wysokością hydrauliczną (pomiędzy poziomami równowagi i solanki w zbiorniku), brakiem odpływu z przesączania się oraz długim czasem przebywania solanki w zbiorniku. Etap końcowy to zmniejszona wysokość hydrauliczna, odpływ z przesączania się oraz krótki czas przebywania solanki w zbiorniku

Fig. 3. Diagrams illustrating two stages in the development of seepage basins (after Kendall, 2010; based on Logan, 1987). Initial stage has a large hydraulic head (between equilibrium- and basin-brines-levels), no seepage outflow and long residence time for brines in basin. Late stage has a reduced hydraulic head and is characterized by seepage outflow of the basin brines and their short residence time

czasu. Oznacza to z kolei, że w danym czasie ewaporaty o tej samej facji mineralnej powstawały w całej środkowej części zbiornika (Kendall, 2010). Z tego też względu obecność facji chlorkowej Na1 w rejonie bruzdy śródpolskiej i jej otoczeniu implikuje odrębny, szczególny charakter utworów tego basenu. Dotychczas uważano, że – podobnie jak sole cyklotemu drugiego i trzeciego w środkowej części zbiornika – także sól najstarsza to utwór LST (Wagner & Peryt, 1997). Kendall (2010) zwrócił uwagę, iż w wyniku wzrostu poziomu morza (lecz nie na tyle wysokiego, aby zatopić przegrodę oddzielającą basen cechsztyński od otwartego morza borealnego, co by zakończyło depozycję ewaporatów) wysokość hydrauliczna między morzem i obniżonym poziomem solanki w basenie wzrasta, co zwiększa przesączanie się wody przez przepuszczalną barierę (próg) (ryc. 3). Kiedy tempo refluksu pozostaje niezmiennie, zaawansowany dopływ zwiększa czas przebywania solanki w systemie i promuje wyższe zasolenie solanek; dlatego też w basenach odciętych wzrost poziomu morza zaznacza się depozycją wyższych ewaporatów (Kendall, 2010). Polski basen solny PZ1 miał charakter peryferyczny, co predestynowało ten obszar do depozycji chlorków, podczas gdy w bardziej środkowej części zbiornika trwała sedimentacja siarczanów (ryc. 3).

Prawidłowości rządzące powstawaniem facji ewaporatowych w trakcie inicjalnego etapu rozwoju basenów z przesączania się (*seepage basins*) (Kendall, 2010) – etapu związanego z podniesieniem się poziomu morza w otwartym morzu borealnym (ryc. 3) – wskazują, że sól najstarsza w środkowej części zbiornika to utwór TST. Na ryc. 4 przedstawiono dotychczasowy schemat stratygrafii sekwencji ewaporatów PZ1 Polski (Wagner & Peryt, 1997), jak i nową jego wersję. Należy też wspomnieć, iż w przypadku NE Niemiec Strohmenger i in. (1996) przyjęli, iż sól najstarsza występująca na obszarze platformy ewaporatowej werry reprezentuje HST.

Problem korelacji facji chlorkowych występujących w środkowej części zbiornika z powstałymi na jego obrzeżach jest bardziej złożony, gdyż jak wynika z badań w rejonie Zatoki Puckiej w peryferycznej części zbiornika w trakcie depozycji siarczanów na lokalnych platformach w przyległych obniżeniach trwała depozycja chlorków (Czapowski,



Ryc. 4. Chronostratygrafia cyklotemu PZ1: A – dotychczasowe ujęcie (Wagner & Peryt, 1997), B – nowa propozycja
Fig. 4. Chronostratigraphy of the PZ1 cycle: A – current concept (Wagner & Peryt, 1997), B – new proposal

1987; Peryt & Kovalevich, 1996), być może w wyniku powstania stratyfikacji gęstościowej w basenie o znacznym zróżnicowaniu batymetrycznym. Wskazuje to na diachronizm pojawiania się facji chlorkowej w różnych częściach obrzeża basenu oraz w strefie przejściowej między obrzeżem a środkiem basenu.

Utwory anhydrytu górnego bloku Gorzowa to zazwyczaj zrekrystalizowane poselenitowe anhydryty, o wysokości kryształów selenitu od kilku mm do 10 cm, z rzadkimi przewarstwieniami (do 1,5 m miąższości) anhydrytu klastycznego na obszarze platformy ewaporatowej i anhydryty laminowane w środkowej części zbiornika (Peryt i in., 1996a, 2010b); w otworze Strzelce Krajeńskie nachylenie lamin jest zmienne, choć przeważa laminacja pozioma. Ważnym poziomem korelacyjnym jest brekcja anhydrytowa, występująca w najniższej części anhydrytu górnego (Wagner, 1994), a uważana za TST (Peryt i in., 1996a). Jej geneza nie do końca jest wyjaśniona. Część anhydrytu górnego poniżej brekcji anhydrytowej w strefie stoku jest uważana za osad HST (Peryt i in., 1996a); anhydryt górny w środku zbiornika to utwór TST (Peryt i in., 1996a).

Sedymentacja ewaporatów cyklotemów PZ2 i PZ3

Utwory anhydrytu podstawowego na obszarze platformy ewaporatowej PZ1 mają zazwyczaj miąższość do kilkudziesięciu metrów (Peryt i in., 1996b); maleje ona szybko ku środkowi zbiornika (tabela 1). Towarzyszy temu zmiana facjalna: na obszarze platformy ewaporatowej anhydryt stromatolitowy przechodzi ku górze w anhydryt warstwowy z pseudomorfozami po kryształach anhydrytu, lokalnie z przewarstwieniami halitu, po którym następuje anhydryt laminowany z przewarstwieniami halitu (Kovalevych i in., 2008); utwory te powstały w systemie saliny. W otworze Gorzów Wlkp. IG1 utwory soli starszej to w dolnej części osady otwartego basenu solnego, a w środkowej i górnej – salin (Czapowski i in., 1990). Bardzo fragmentaryczne rdzeniowanie utworów solnych PZ2 w

otworze Strzelce Krajeńskie IG1 sugeruje podobne następstwo facji solnych (Czapowski i in., 1990, ryc. 4), ale nie wyklucza to diachroniczności początku depozycji soli starszej: chociaż na ogół sedymentacja facji chlorkowej na obszarze platformy ewaporatowej PZ1 rozpoczęła się później niż w części środkowej, to miejscami mogła rozpocząć się wcześniej.

W dolnej części profilu anhydrytu głównego występują anhydryty gruzłowe, wyżej – anhydryty masywne, zazwyczaj z pseudomorfozami po kryształach selenitu i rzadkimi przewarstwieniami anhydrytu laminowanego; w otworze Gorzów Wlkp. IG1 dominują anhydryty przekrystalizowane (Denison & Peryt, 2009), a w otworze Strzelce Krajeńskie IG1 – dodatkowo podległe intensywnej magnezytyzacji. Powoduje to, że chociaż istnieje możliwość korelacji poszczególnych pakietów anhydrytu głównego w profilu otworu Piła IG1 z rejonem Hanoweru (Reimann & Richter, 1991), to jest to zgoła niemożliwe w przypadku otworu Strzelce Krajeńskie IG1 (M. Reimann, inf. pisemna, 1991). Sól młodsza w otworze Gorzów Wlkp. IG1 to utwory otwartego płytkiego basenu solnego, przechodzące ku górze w fację płytkiej laguny solnej i saliny (Czapowski, 1993), co sytuuje rejon Gorzowa Wielkopolskiego na pograniczu facji saliny i laguny solnej (Czapowski, 1993).

Podsumowanie

Przypadek zbiornika cechsztyńskiego w oczywisty sposób świadczy o tym, że dwa główne miejsca precypitacji ewaporatów: sebhysaliny oraz głębokie baseny wypełnione solanką, nie wykluczają się wzajemnie: jedno mogły przechodzić lateralnie w drugie lub przekształcać się w drugie w czasie (Peryt, 1983). W rezultacie znacznych wahań poziomu morza w trakcie sedymentacji utworów węglanowych oraz wahań poziomu solanki w trakcie depozycji osadów siarczanowych i chlorkowych, jak również lateralnych zmian facjalnych, każda część kolumny stratygraficznej może reprezentować inne środowisko

depozycyjne. Choć z oczywistych względów stosowanie stratygrafii sekwencji powiązanej z eustatycznymi zmianami poziomu morza jest w przypadku zbiornika cechsztyńskiego ograniczone, gdyż jest to możliwe wyłącznie w przypadku morskich ewaporatów platformowych (Warren, 2006), to pośrednio jest to możliwe. Uważa się, że przypadek soli najstarszej występującej w środkowej części zbiornika w bruzdzie śródpolskiej – powstanie soli najstarszej w tej części zbiornika można powiązać z eustatycznym wzrostem poziomu morza w morzu borealnym (por. Kendall, 2010).

Literatura

- CZAPOWSKI G. 1987 – Sedimentary facies in the Oldest Rock Salt (Na1) of the Łeba elevation (northern Poland). *Lect. Notes Earth Sci.*, 10: 207–224.
- CZAPOWSKI G. 1993 – Facies characteristics and distribution of the Zechstein (Upper Permian) salt deposits of PZ3 (Leine) cycle in Poland. *Bull. Pol. Acad. Earth Sci.*, 41: 229–237.
- CZAPOWSKI G., ANTONOWICZ L. & PERYT T.M. 1990 – Facies and palaeogeography of the Zechstein (Upper Permian) Older Halite (Na2) in Poland. *Bull. Pol. Acad. Earth Sci.*, 39: 45–55.
- CZAPOWSKI G., PERYT T.M. & ANTONOWICZ L. 1993 – Facies and palaeogeography of the Zechstein (Upper Permian) Oldest Halite (Na1) in Poland. *Bull. Pol. Acad. Earth Sci.*, 41: 217–227.
- CZEKAŃSKI E., KWOLEK K. & MIKOŁAJEWSKI Z. 2010 – Złoża węglowodorów w utworach cechsztyńskiego dolomitu głównego (Ca2) na bloku Gorzowa. *Prz. Geol.*, 58: 695–703.
- DADLEZ R., MAREK S. & POKORSKI J. (red.) 1998 – Atlas paleogeograficzny epikontynentalnego permu i mezozoiku w Polsce. Państw. Inst. Geol., Warszawa.
- DENISON R.E. & PERYT T.M. 2009 – Strontium isotopes in the Zechstein anhydrites of Poland: evidence of varied meteoric contributions to marine brines. *Geol. Quart.*, 53: 159–166.
- DOWGIAŁŁO J., KLECZKOWSKI A.S., MACIOSZCZYK T. & RÓŻKOWSKI A. (red.) 2002 – Słownik hydrogeologiczny. Państw. Inst. Geol., Warszawa.
- DYJACZYŃSKI K., GÓRSKI M., MAMCZUR S. & PERYT T.M. 2001 – Reefs in the basinal facies of the Zechstein Limestone (Upper Permian) of Western Poland. *J. Petrol. Geol.*, 24: 265–285.
- DYJACZYŃSKI K., MAMCZUR S. & DZIADKIEWICZ D. 2006 – Od Rybaków do L-M-G 45 lat wydobywania ropy naftowej na Niżu Polskim. 50 lat poszukiwań ropy naftowej i gazu ziemnego w północno-zachodniej Polsce. Tradycja i nowe wyzwania. Konferencja Naukowo-Techniczna, Piła, 59–76.
- EASTOE C.J., PERYT T.M., PETRYCHENKO O.Y. & GEISLER-CUSSEY D. 2007 – Stable chlorine isotopes in Phanerozoic evaporites. *Applied Geochem.*, 22: 575–588.
- GÓRSKI M., WOJTKOWIAK Z. & RADECKI S. 1999 – Barnówko-Mostno-Buszewo (BMB), the largest crude oil deposit in Poland. *Petrol. Geoscience*, 5: 5–15.
- HRYNIV S. & PERYT T.M. 2010 – Strontium distribution and celestite occurrence in Zechstein (Upper Permian) anhydrites of West Poland. *Chem. Erde*, 70: 137–147.
- KENDALL A.C. 2010 – Marine evaporites. In: *Facies Models 4*, N. P. James & R.W. Dalrymple (eds.), *Geol. Assoc. Canada, GeoText*, 6: 503–537 (w druku).
- KIERSNOWSKI H., PERYT T.M., BUNIAK A. & MIKOŁAJEWSKI Z. 2010 – From the intra-desert ridges to the marine carbonate island chain: middle to late Permian (Upper Rotliegend-Lower Zechstein) of the Wolsztyn-Pogorzela high, west Poland. *Geol. Jour.*, 44: 319–335.
- KOVALEVYCH V.M., PERYT T.M., CARMONA V., SYDOR D.V., VOVNYUK S.V. & HALAS S. 2002 – Evolution of Permian seawater: evidence from fluid inclusions in halite. *N. Jb. Mineral. Abh.*, 178: 27–62.
- KOVALEVYCH V.M., PERYT T.M., SHANINA S.N., WIECLAW D. & LYTVYNIUK S.F. 2008 – Geochemical aureoles around oil and gas accumulations in the Zechstein (Upper Permian) of Poland: analysis of fluid inclusions in halite and bitumens in salt. *Jour. Petrol. Geol.*, 31: 245–262.
- LOGAN B.W. 1987 – The Lake MacLeod Evaporite Basin, Western Australia. *AAPG Mem.*, 44, 140 p.
- MAMCZUR S., RADECKI S. & WOJTKOWIAK Z. 1997 – O największym złożu ropy naftowej w Polsce: Barnówko-Mostno-Buszewo (BMB). *Prz. Geol.*, 45: 582–588.
- PERYT T.M. 1983 – Modele sedimentacji ewaporatów cechsztyńskich. *Prz. Geol.*, 31: 273–277.
- PERYT T.M. 1992 – Debris-flow deposits in the Zechstein (Upper Permian) Main Dolomite of Poland, significance for the evolution of the basin. *N. Jb. Geol. Paläont. Abh.*, 185: 1–19.
- PERYT T.M. 1994 – The anatomy of a sulphate platform and adjacent basin system in the Leba sub-basin of the Lower Werra Anhydrite (Zechstein, Upper Permian), northern Poland. *Sedimentology*, 41: 83–113.
- PERYT T.M. & ANTONOWICZ L. 1990 – Facje i paleogeografia cechsztyńskiego anhydrytu dolnego (A1d) w Polsce. *Prz. Geol.*, 38: 173–180.
- PERYT T.M. & KOVALEVICH V.M. 1996 – Origin of anhydrite pseudomorphs after gypsum crystals in the Oldest Halite (Werra, Upper Permian, northern Poland). *Zbl. Geol. Paläont., Teil I*: 337–356.
- PERYT T.M., ORTI F. & ROSELL L. 1993 – Sulfate platform-basin transition of the Lower Werra Anhydrite (Zechstein, Upper Permian), SW Poland: facies and petrography. *Jour. Sediment. Petrol.*, 63: 646–658.
- PERYT T.M., KASPRZYK A. & ANTONOWICZ L. 1996a – Upper Werra Anhydrite (Zechstein, Upper Permian) in Poland. *Bull. Pol. Acad. Sci., Earth Sci.*, 44: 121–130.
- PERYT T.M., KASPRZYK A. & CZAPOWSKI G. 1996b – Basal Anhydrite and Screening Anhydrite (Zechstein, Upper Permian) in Poland. *Bull. Pol. Acad. Sci., Earth Sci.*, 44: 131–140.
- PERYT T.M., GELUK M.C., MATHIESEN A., PAUL J. & SMITH K. 2010a – Zechstein. In: J.C. Doornenbal & A.G. Stevenson (eds): *Petroleum Geological Atlas of the Southern Permian Basin Area*. EAGE Publications b.v. (Houten): 123–147.
- PERYT T.M., HAŁAS S. & HRYNIV S.P. 2010b – Sulfur and oxygen isotope signatures of Late Permian Zechstein anhydrites, West Poland: Seawater evolution and diagenetic constraints. *Geol. Quart.*, 54 (w druku).
- PROTAS A. & WOJTKOWIAK Z. 2000 – Blok Gorzowa. Geologia dolnego cechsztynu. W: *Geologia i ochrona środowiska*. *Przew. LXXI Zjazdu Polsk. Tow. Geol.*, 163–171.
- REIMANN M. & RICHTER M. 1991 – Lithological sequence of the Main Anhydrite (Zechstein 3) in the Piła IG1 borehole (Poland) in comparison with the normal sequence in the Hannover area (NW Germany). *Prz. Geol.*, 39: 203–206.
- RICHTER-BERNBURG G. 1955a – Über saline Sedimentation. *Z. dt. geol. Ges.*, 105: 593–645.
- RICHTER-BERNBURG G. 1955b – Stratigraphische Gliederung des deutschen Zechsteins. *Z. dt. geol. Ges.*, 105: 843–854.
- RICHTER-BERNBURG G. 1985 – Zechstein-Anhydrite. *Fazies und Genese. Geol. Jb.*, A85: 1–82.
- STROHMENGER C., VOIGT E. & ZIMDARS J. 1996 – Sequence stratigraphy and cyclic development of Basal Zechstein carbonate-evaporite deposits with emphasis on Zechstein 2 off-platform carbonates (Upper Permian, Northeast Germany). *Sedim. Geol.*, 102: 33–54.
- WAGNER R. 1979 – Cechsztyń. *Prace Inst. Geol.*, 96: 18–25.
- WAGNER R. 1994 – Stratygrafia osadów i rozwój basenu cechsztyńskiego na Niżu Polskim. *Prace Państw. Inst. Geol.*, 146.
- WAGNER R. & PERYT T.M. 1997 – Possibility of sequence stratigraphic subdivision of the Zechstein in the Polish Basin. *Geol. Quart.*, 41: 457–474.
- WARREN J.K. 2006 – *Evaporites: Sediments, Resources and Hydrocarbons*. Springer, Berlin, 1035 pp.

Praca wpłynęła do redakcji 21.06.2010 r.
Po recenzji akceptowano do druku 2.07.2010 r.