

Badania złóż soli kamiennej i potasowo-magnezowej prowadzone w Państwowym Instytucie Geologicznym

Grzegorz Czapowski¹, Tadeusz Marek Peryt¹



G. Czapowski

T.M. Peryt

PGI research of rock salt and K-Mg deposits. *Prz. Geol.*, 67: 594–598.

Abstract. Middle Miocene Badenian salt, occurring in the frontal zone of the Carpathian Overthrust (southern Poland), and the Upper Permian (Zechstein) bedded and diapir salt deposits, have been the subject of the research by PGI scientists. Many salt deposits were discovered by the PGI, but in particular, the greatest achievement related to the origin of salt deposits is the reconstruction of sedimentary environments and conditions based on detailed sedimentological and geochemical analyses.

Keywords: salts, deposits, Baden, Zechstein, sedimentology, geochemistry

W okresie do 1944 r. badania soli w PIG koncentrowały się przede wszystkim na obszarze zapadliska przedkarpackiego i dotyczyły w zasadzie rejonów kopalń soli w Wieliczce i Bochni (Werner, 1960), natomiast na obszarze domniemanych struktur solnych na Niżu Polskim PIG prowadził głównie badania geofizyczne, w tym przede wszystkim grawimetryczne (Werner, 1970).

W pierwszych powojennych dekadach zbadano znane złoża soli w zapadlisku przedkarpackim i odkryto oraz rozpoznano nowe złoża (Garlicki, 1970), a także odkryto i udokumentowano liczne złoża soli na obszarze Niżu (Werner, 1970). W późniejszych dziesięcioleciach zapoczątkowano badania sedimentologiczne cechsztyńskich utworów solnych (np. Podemski, 1973). Badania te zostały w pełni rozwinięte w latach 80. (np. Czapowski, 1987), kiedy to obserwacje sedimentologiczne wsparte wynikami analiz geochemicznych po raz pierwszy umożliwiły wyróżnienie i określenie cech charakterystycznych wielu typów facji solnych (np. Czapowski, 1987, 1990, 1995). Facje te odzwierciedlały warunki depozycji w zróżnicowanym batymetrycznie morskim zbiorniku ewaporacyjnym (ryc. 1A) oraz w solnym jeziorze śródlądowym (ryc. 1B). Praktycznym efektem tych badań było np. wykazanie związku występowania złóż soli kamiennej i potasowo-magnezowych (K-Mg) w rejonie Zatoki Puckiej z paleomorfologią ówczesnego zbiornika solnego (ryc. 2): główne wystąpienia soli kamiennej koncentrują się na obszarach przegłębień tzw. basenów w obrębie zbiornika, sole K-Mg zaś – na terenie jego płyczn. Rozpoczęto także badania mezostrukturalne złóż soli – zarówno mioceńskich, jak i cechsztyńskich (Tarka, 1992).

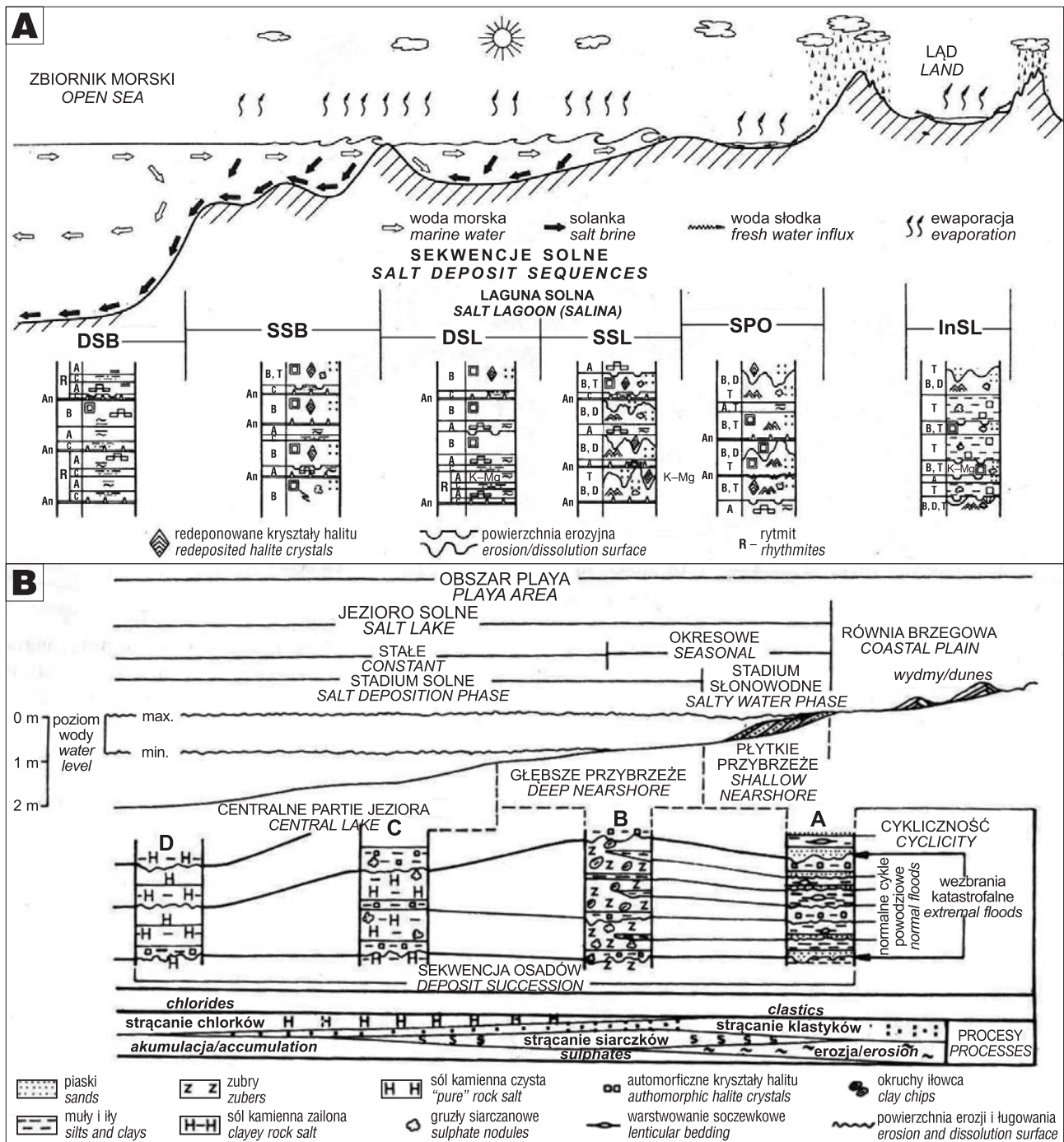
Zastosowanie analizy facjalnej soli, wsparte wynikami badań składu inkluzji w halicie (np. Peryt, Kovalevich, 1996; Kovalevych i in., 2000; Vovnyuk, Czapowski, 2007), umożliwiło po raz pierwszy odtworzenie warunków i historii depozycji cechsztyńskich utworów solnych w różnych częściach zbiornika (przede wszystkim w rejonie Zatoki Puckiej oraz na obszarze przedsudeckim), a także w skali całego basenu polskiego (np. Czapowski, 1993; Czapowski i in., 1990, 1993, 2017, 2018). Wyniki badań sedimentologicznych zostały wykorzystane do wykazania

zróżnicowania batymetrycznego zbiorników solnych na przykładzie utworów chlorkowych cyklotemu PZ1 w rejonie Zatoki Puckiej, gdzie obliczona początkowa głębokość poszczególnych subbasenów solnych wynosiła od 38 m do 112 m (Czapowski, 2007). Po raz pierwszy również oszacowano przypuszczalny minimalny i maksymalny czas depozycji utworów ewaporatowych (siarczanów i chlorków) cechsztynu w Polsce, wynoszący od ponad 19 do 173 tys. lat, co stanowiło od ok. 0,3% do maks. 3,5% ogólnego czasu trwania tej epoki (Czapowski, 2007). Wykazano także – na podstawie badań facjalno-geochemicznych utworów solnych cechsztynu – istnienie licznych okresów wzmoczonych opadów podczas depozycji soli (Czapowski, Tomassi-Morawiec, 2013).

Chociaż bez wątplenia sole cechsztyńskie były pierwszoplanowym obiektem badań sedimentologicznych i geochemicznych, to prowadzono także – choć w mniejszym stopniu – badania geochemiczne i sedimentologiczne soli badeńskich w rejonach złóż podkarpackich (np. Eastoe, Peryt, 1999; Galamay i in., 2003; Cendón i in., 2004; Peryt i in., 2006). Badania rdzeni wiertniczych z pokładowych wystąpień środkowomiocennej soli kamiennej w stosunkowo niewielkim śródkarpackim basenie wschodnio-słowackim (Bukowski i in., 2007) umożliwiły przedstawienie modelu depozycji tych ewaporatów (ryc. 3). Występuje w nim kilka typów litofacjalnych, powstałych w dynamicznie zmieniających się warunkach morskiego zbiornika ewaporacyjnego i jego obrzeża, uzależnionych od wahań poziomu morza, ewaporacji (spadek poziomu – ryc. 3.2) i dopływu świeżych wód morskich z sąsiadujących zbiorników Paratetydy (podniesienie poziomu – ryc. 3.1). Model ten okazał się przydatny w interpretacji warunków i historii depozycji równoległych utworów solnych w polskiej części zapadliska przedkarpackiego, gdzie występują podobne litofacje solne.

Efektom kompleksowych analiz sedimentologicznych różnowiekowych utworów solnych w Polsce było zdefiniowanie i wyróżnienie czterech typów solnych facji surowcowych (Czapowski i in., 2004), wiążących cechy litofacjalne i geochemiczne tych osadów (Czapowski i in., 2001) z ich właściwościami surowcowymi oraz różną przydatnością

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

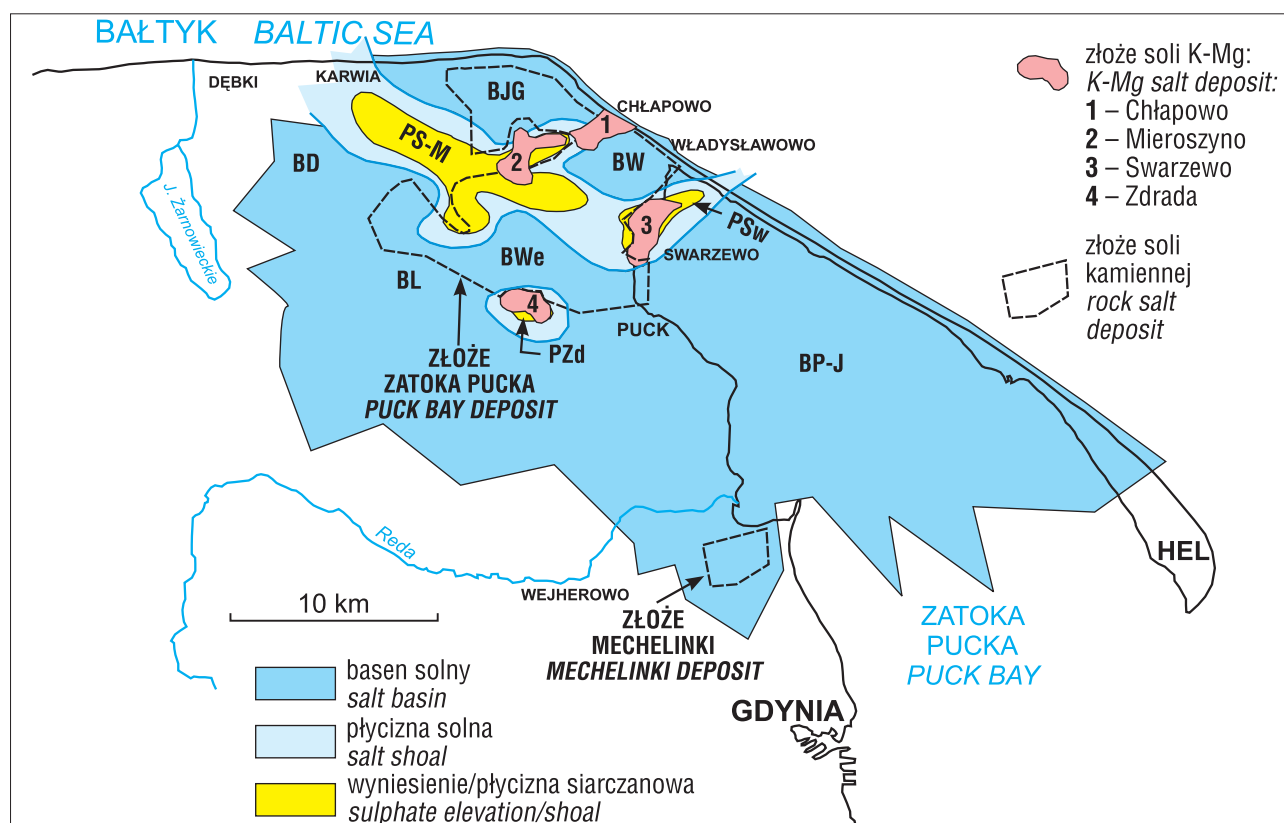


Ryc. 1. Modele sukcesji solnych w różnych strefach morskiego (A) i lądowego (B) zbiornika ewaporacyjnego. Objasnienia: A – morski zbiornik ewaporacyjny (wg Czapowskiego i in., 1993): **DSB** – głęboki basen solny o swobodnej wymianie wody morskiej i solanki, **SSB** – płytki basen solny o ograniczonej wymianie wody morskiej i solanki, **DSL** – głęboka laguna solna, **SSL** – płytka laguna solna, **SPO** – nadbrzeżna panew solna, **InSL** – jezioro solne, **A** – sól równokrystaliczna, **B** – sól różnokrystaliczna, **C** – pierwotna sól wielokrystaliczna warstwowa, **D** – wtórna sól wielokrystaliczna, **An** – anhydryt, **T** – substancja ilasta, **K-Mg** – sól potasowo-magnezowa; B – jeziorny zbiornik ewaporacyjny (wg Czapowskiego, 1990): **A** do **D** – sukcesje osadów

Fig. 1. Depositional models of salt successions generated in various parts of marine (A) and continental (B) salinary basins. Captions: A – marine salinary basin (after Czapowski et al., 1993): **DSB** – deep salt basin with free sea water and brine exchange, **SSB** – shallow salt basin with limited sea water and brine exchange, **DSL** – deep salt lagoon, **SSL** – shallow salt lagoon, **SPO** – coastal salt pan, **InSL** – inland salt lake, **A** – monomorphic halite, **B** – polymorphic halite, **C** – primary giant banded halite, **D** – secondary giant halite, **An** – anhydrite, **T** – clay matter, **K-Mg** – potassium-magnesium salts; B – inland evaporitic lake (after Czapowski, 1990): **A** to **D** – deposit successions

do eksploatacji bądź wykorzystania ich wystąpień do magazynowania i składowania. Wskazano też obszary lokalizacji tych facji w obrębie solnych utworów cechsztynu w Polsce (Czapowski i in., 2004; Czapowski, 2019).

Przełom w określaniu wieku niemal pozbawionych skamieniałości ewaporatów cechsztynu stanowiła metoda chemostratygrafii bromowej (Tomassi-Morawiec i in., 2007, 2009; Bornemann i in., 2008), ustalająca pewne



Ryc. 2. Związek pomiędzy lokalizacją udokumentowanych złóż cechsztyńskich soli kamiennej i potasowo-magnezowych a obrazem paleomorfologii zbiornika salinarnego cyklotemu PZ1 cechsztynu w rejonie Zatoki Puckiej. Objasnienia: Jednostki paleomorfologiczne: **BD** – basen Dębki, **BJG** – basen Jastrzębiej Góry, **BL** – basen Lisewa, **BP-J** – basen Pucka–Jastarnia, **BW** – basen Władysławowa, **BWe** – basen Werblini, **PS-M** – płycizna Sławoszyńska–Mioszyno, **PSw** – płycizna Swarzewa, **PZd** – płycizna Zdrady
Fig. 2. Relationship between location of recovered Zechstein rock and potash salts deposits and paleomorphologic image of Zechstein PZ1 salinary basin in the Puck Bay area. Captions: paleomorphologic units: **BD** – Dębki basin, **BJG** – Jastrzębia Góra basin, **BL** – Lisewo basin, **BP-J** – Puck–Jastarnia basin, **BW** – Władysławowo basin, **BWe** – Werblinia basin, **PS-M** – Sławoszyńsko–Mioszyno shoal, **PSw** – Swarzewo shoal, **PZd** – Zdrada shoal

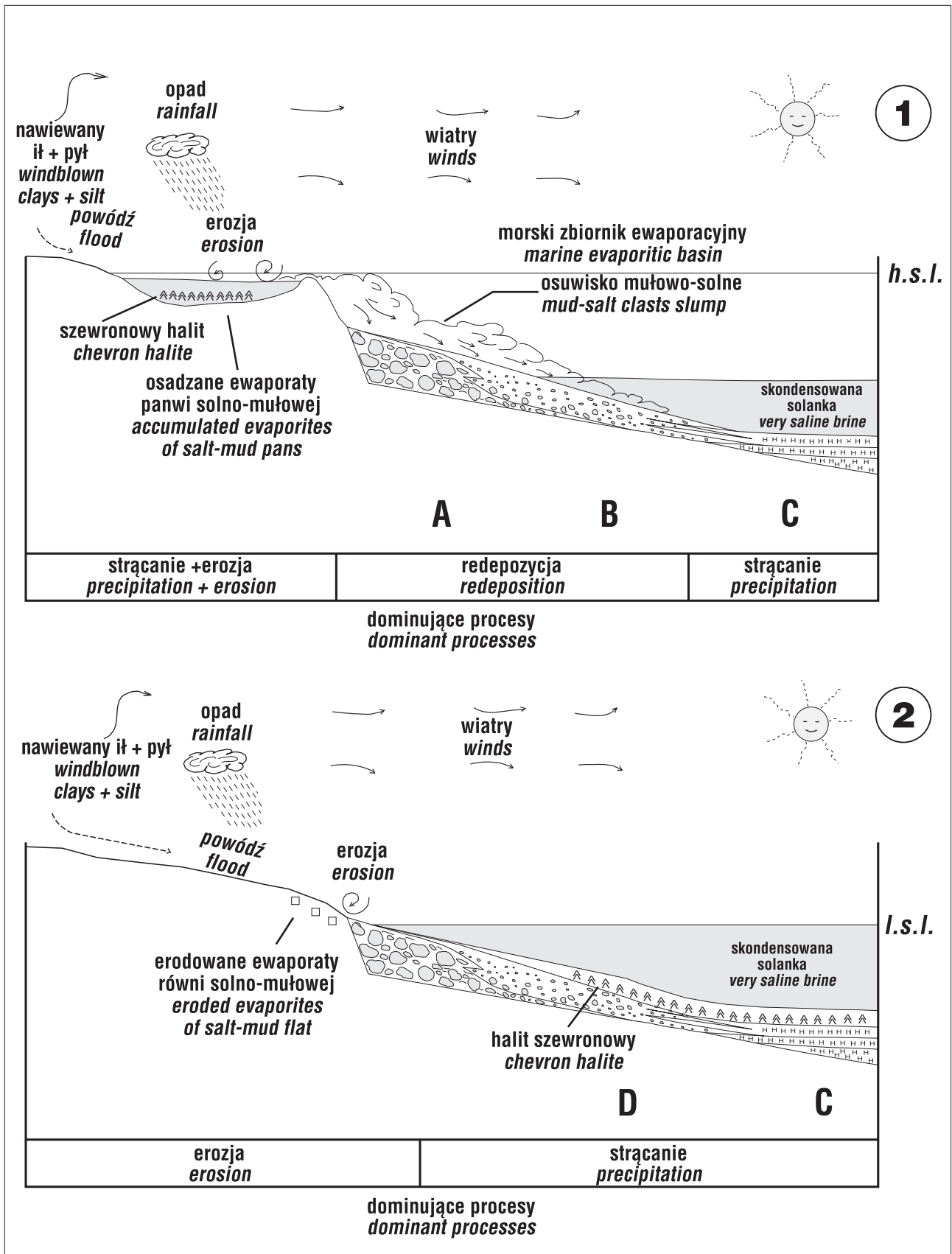
przedziały i tendencje zmian zawartości tego pierwiastka w solach poszczególnych cyklotemów. Z zastosowaniem tej metody udało się np. rozdzielić wiekowo utwory zubrowe cechsztynu w kłodawskim wysadzie solnym (Tomasi-Morawiec, Czapowski, 2006), potwierdzić obecność w płytszej części tego wysadu utworów najstarszej soli kamiennej (Czapowski, Tomasi-Morawiec, 2018) oraz udokumentować serię powtórzeń tektonicznych w obrębie kompleksu starszej soli kamiennej w wysadzie solnym Góra (Czapowski i in., 2009; Czapowski, 2019).

Obecnie nowym kierunkiem działań PIG jest wizualizacja budowy geologicznej złóż solnych poprzez konstrukcję modeli 3D zarówno złóż pokładowych (Czapowski i in., 2007), jak i wysadowych (np. Chełmiński i in., 2016), które ułatwiają wybór optymalnych partii złoża do eksploatacji i wskazanie stref potencjalnie niebezpiecznych dla prowadzenia robót górniczych.

Wyniki szczegółowych badań petrograficznych utworów najstarszej soli kamiennej (Na1), przeprowadzonych przez J. Orską (1961 w: Werner, 1970), w dwóch otworach wiertniczych wykonanych przez PIG w ramach I etapu badań podstawowych Niżu Polskiego: Bytów IG1 (1951) i Lębork IG1 (1961) wykazały występowanie polihalitytu w najwyższej części utworów najstarszej soli kamiennej (Na1). W celu wyjaśnienia perspektywiczności rejonu Zatoki Puckiej w 1963 r. wykonano otwór wiertniczy Wejherowo IGI, a następnie w 1964 r. – według koncepcji Z. Wernera – opracowano regionalny projekt robót geolo-

gicznych na potrzeby poszukiwań złóż soli potasowo-magnezowych i soli kamiennej na obszarze syneklizy perybałtyckiej. Pierwszym otworem wykonanym według tego projektu był otwór Chłapowo IG 1, w którym stwierdzono pokład polihalitytu o miąższości 6,5 m i średniej zawartości 15,06% K_2O , występujący pośród pokładu soli kamiennej na głębokości 787,8 m – spowodowało to przyspieszenie i nasilenie poszukiwawczych i rozpoznawczych prac wiertniczych. W ich rezultacie stwierdzono występowanie czterech złóż polihalitytu w rejonie Zatoki Puckiej (Werner, 1970; Pizon i in., 1985), których zasoby zostały zatwierdzone jako bilansowe (ryc. 2). W większości polihalitytu spotyka się na platformach siarczanowych (zob. Peryt, 1994) w pobliżu ich krawędzi ze stokiem platformy (ryc. 3; Pizon i in., 1985; Peryt i in., 1998) i mogą one przechodzić lateralnie w warstwy polihalitytu występujące w najstarszej soli kamiennej, tak jak to stwierdzono w utworach chlorkowych w Chłapowie, na zachód od Zdrady i na wschód od Swarzewa (Peryt i in., 2005). Nie stwierdzono przy tym krasowienia związanego z odsłonięciem subaeralnym osadów siarczanowych przed depozycją halitu (Hryniv, Peryt, 2003).

Dane sedymentologiczne i geochemiczne wskazują na precypitację siarczanów w środowisku o zmiennym zasoleniu. Sekwencja paragenetyczna świadczy o bardzo wczesnej polihalityzacji anhidrytu, który pseudomorficznie zastąpił gips (Peryt, Kovalevich, 1996; Peryt i in., 1998), chociaż w istocie mógł to być jeden ciągły proces (por.



Ryc. 3. Model depozycji utworów solnych środkowego miocenu (baden) w basenie wschodniosłowackim (Bukowski i in., 2007; uzupełniony): **1** – etap wysokiego poziomu morza (h.s.l.), **2** – etap niskiego poziomu morza (l.s.l.); litofacje solne: **A** – halitorudyty, **B** – halitoarenity, **C** – drobnokrystaliczne halityty z laminami ilastymi, **D** – warstwy z szewronowymi kryształami halitu
Fig. 3. Depositional model of the middle Miocene (Badenian) salt deposits from the East Slovakian Basin (Bukowski et al., 2007; supplemented): **1** – a high sea level stage (h.s.l.), **2** – a low sea level stage (l.s.l.); salt lithofacies: **A** – halite rudites, **B** – halite arenites, **C** – fine crystalline halites with clay laminae, **D** – layers with chevron halite crystals

Schaller, Henderson, 1932). Skład izotopowy siarczanów platformy Zdrady świadczy o tym, że woda morska była jedynym źródłem jonów siarczanowych, i że minerały siarczanu wapnia zostały przekształcone w polihalit przez reakcję z solankami morskimi znajdującymi się na wyższym poziomie koncentracji, nieco poniżej nasycenia halitem (Peryt i in., 1998), prawie równocześnie z depozycją grubych kompleksów polihalitonośnych (por. Braitsch, 1971). Do innego wniosku doprowadziło datowanie metodą K/Ar (Peryt i in., 1997). Badania czterech próbek polihalitu z otworu Zdrada IG2 (głęb. 864,5–868,4 m) wskazały na jego młodszy wiek – triasowy (od indu do karniku), tj. od 225,7–247,6 Ma, ale bardzo często metoda ta wskazuje na dużo młodszy wiek polihalitów (np. Brookins i in., 1980).

LITERATURA

- BORNEMANN O., SCHRAMM M., TOMASSI-MORAWIEC H., CZAPOWSKI G., MISIEK G., KOLONKO P., JANIÓW S., TADYCH J. 2008 – Wzorcowe profile bromowe cechsztyńskich soli kamiennych w Polsce i w Niemczech na przykładzie kopalni soli w Kłodawie i w Görleben. *Geologos*, 14: 73–90.
- BRAITSCH O. 1971 – Salt Deposits. Their Origin and Composition. Springer, Berlin: 161–162.
- BROOKINS D.G., REGISTER JR. J.K., KRUEGER H.W. 1980 – Potassium-argon dating of polyhalite in southeastern New Mexico. *Geochim. Cosmochim. Acta*, 44: 635–637.
- BUKOWSKI K., CZAPOWSKI G., KAROLI S., BĄBEL M. 2007 – Sedimentology and Geochemistry of the Middle Miocene (Badenian) Salt-Bearing Succession from East Slovakian Basin (Zbudza Formation). *Geol. Soc. Spec. Publ.*, 285: 247–264.
- CENDÓN C.I., PERYT T.M., AYORA C., PUEYO J.J., TABERNER C. 2004 – The importance of recycling processes in the Middle Miocene Badenian evaporite basin (Carpathian foredeep): palaeoenvironmental implications. *Palaeogeogr. Palaeoclimatol. Palaeoecol.*, 212: 141–158.
- CHEŁMIŃSKI J., CZAPOWSKI G., MAŁOLEPSZY Z., NOWACKI Ł., ROSOWIECKA O., STĘPIEŃ U. 2016 – Integracja wgłębnych danych geologicznych i geofizycznych w celu uszczegółowienia budowy geologicznej wysadów solnych na przykładzie wysadu Łanięta. *Prz. Solny*, 12: 51–55.
- CZAPOWSKI G. 1987 – Sedimentary facies in the Oldest Rock Salt (Na1) of the Łeba elevation (northern Poland). *Lect. Not. Earth Sci.*, 10: 207–224.
- CZAPOWSKI G. 1990 – Kontynentalne osady chlorkowe w górnym cechsztyńskim. *Prz. Geol.*, 38: 370–374.
- CZAPOWSKI G. 1993 – Facies characteristics and distribution of the Zechstein (Upper Permian) salt deposits of PZ3 (Leine) Cycle in Poland. *Bull. Pol. Acad. Sci., Earth Sci.*, 41: 229–237.
- CZAPOWSKI G. 1995 – Upper Permian (Zechstein) salt deposits on the Żary Pericline characteristics, origin and economic value. *Pr. Państw. Inst. Geol.*, 150: 35–60.
- CZAPOWSKI G. 2007 – Ocena głębokości zbiornika solnego i czasu depozycji chlorków sodu na przykładzie utworów najstarszej soli kamienniej (Na1) cyklu PZ1 cechsztyń w rejonie Zatoki Puckiej. *Prz. Geol.*, 55: 573–581.
- CZAPOWSKI G. 2019 – Rola Państwowego Instytutu Geologicznego w badaniach genezy i określeniu wielkości polskich zasobów solnych po II wojnie światowej. *Prz. Geol.*, 67 (4): 214–251.
- CZAPOWSKI G., TOMASSI-MORAWIEC H. 2013 – Paleogeographic and palaeoclimate factors of salinity fluctuations in the eastern part of the Late Permian (Zechstein) European Basin: case study from the salt basin in Poland. *Geol. Soc. Spec. Publ.*, 376: 457–474.
- CZAPOWSKI G., TOMASSI-MORAWIEC H. 2018 – Wykształcenie i geochemia bromu utworów solnych pogranicza cyklotemów PZ1 i PZ2 cechsztyń w kłodawskim wysadzie solnym (środkowa Polska). *Prz. Geol.*, 66: 303–308.
- CZAPOWSKI G., ANTONOWICZ L., PERYT T. 1990 – Facies and paleogeography of the Zechstein (Upper Permian) Older Halite (Na2) in Poland. *Bull. Pol. Acad. Sci., Earth Sci.*, 38: 45–55.
- CZAPOWSKI G., PERYT T.M., ANTONOWICZ L. 1993 – Facies and paleogeography of the Zechstein (Upper Permian) Oldest Halite (Na1) in Poland. *Bull. Pol. Acad. Sci., Earth Sci.*, 41: 217–227.
- CZAPOWSKI G., TOMASSI-MORAWIEC H., BUKOWSKI H. 2001 – Charakterystyka geochemiczna różnowiekowych facji solnych z obszaru Polski. *Tech. Posz. Geol. Geosynopt. Geot.*, 40 (1): 19–42.
- CZAPOWSKI G., TOMASSI-MORAWIEC H., BUKOWSKI K. 2004 – Analiza facjalna soli kamiennych jako metoda oceny możliwości zagospodarowania formacji solnych. *Tech. Posz. Geol. Geosynopt. Geot.*, 225–226 (1–2): 43–58.
- CZAPOWSKI G., CHEŁMIŃSKI J., TOMASZCZYK M., TOMASSI-MORAWIEC H. 2007 – Metodyka modelowania przestrzennego budowy geologicznej osadowych złóż pokładowych na przykładzie cechsztyńskiego złoża soli kamienniej *Mechelinki* nad Zatoką Pucką. *Prz. Geol.*, 55: 681–689.
- CZAPOWSKI G., TOMASSI-MORAWIEC H., TADYCH J., GRZYBOWSKI Ł., SZTYRAK T. 2009 – Geochemia bromu i wykształcenie utworów solnych cechsztyń w wybranych otworach wiertniczych w wysadzie solnym Góra koło Inowrocławia. *Geologia*, 35: 287–305.
- CZAPOWSKI G., CHEŁMIŃSKI J., MAŁOLEPSZY Z., NOWACKI Ł. 2017 – Rozwój sedimentacji utworów ewaporatowych cechsztyń na obszarze rowu mazursko-lubelskiego (SE Polska). *Prz. Solny*, 13: 75–93.
- CZAPOWSKI G., NOWACKI Ł., CHEŁMIŃSKI J., GŁUSZYŃSKI A., SKOWROŃSKI L. 2018 – Warunki występowania i wykształcenie ewaporatów górnego permu (cechsztyń) na obszarze centralnej części monokliny przedsudeckiej (SW Polska). *Prz. Solny*, 14: 29–53.
- EASTOE C.J., PERYT T. 1999 – Stable chlorine isotope evidence for non-marine chloride in Badenian evaporites, Carpathian mountain region. *Terra Nova*, 11: 118–123.
- GALAMAY A.R., BUKOWSKI K., CZAPOWSKI G. 2003 – Chemical composition of brine inclusions in halite from clayey salt (zuber) facies from the Upper Tertiary (Miocene) evaporite basin (Poland). *J. Geochem. Explor.*, sp. iss. 78–79: 509–511.
- GARLICKI A. 1970 – Złoża soli kamienniej na obszarze Podkarpacia. *Biul. Inst. Geol.*, 251: 609–614.
- HRYNIV S.P., PERYT T.M. 2003 – Sulfate cavity filling in the Lower Werra Anhydrite (Zechstein, Poland), Zdrada area, northern Poland: evidence for early diagenetic evaporite paleokarst formed under sedimentary cover. *J. Sedim. Res.*, 73: 451–461.
- KOVALEVYCH V.M., CZAPOWSKI G., HAŁAS S., PERYT T.M. 2000 – Chemiczna ewolucja solanek cechsztyńskich basenów ewaporatowych Polski: badania inkluzji fluidalnych w halicie z poziomów soli Na1-Na4. *Prz. Geol.*, 48: 448–454.
- PERYT T.M. 1994 – The anatomy of a sulphate platform and adjacent basin system in the Łeba sub-basin of the Lower Werra Anhydrite (Zechstein, Upper Permian), northern Poland. *Sedimentology*, 41: 83–113.
- PERYT T.M., KOVALEVYCH 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., WÓJTOWICZ A., HAŁAS S. 1997 – Datowanie metodą K/Ar polihalitów z rejonu Zatoki Puckiej (komunikat wstępny). IV Ogólnopolska Sesja Naukowa *Datowanie mineralów i skał*, UMCS Lublin, 11–12.12.1997: 70–74.
- PERYT T.M., PIERRE C., GRYNIV S.P. 1998 – Origin of polyhalite deposits in the Zechstein (Upper Permian) Zdrada Platform (northern Poland). *Sedimentology*, 45: 565–578.
- PERYT T.M., TOMASSI-MORAWIEC H., CZAPOWSKI G., HRYNIV S.P., PUEYO J.J., EASTOE C.J., VOVNYUK S. 2005 – Polyhalite occurrence in the Werra (Zechstein, Upper Permian) Peribaltic Basin of Poland and Russia: evaporite facies constraints. *Carbonates Evaporites*, 20: 182–194.
- PERYT T.M., GALAMAY A.R., KOVALEVYCH V.M., VOVNYUK S.V. 2006 – Temperature and nature of halite-precipitating solutions in Crystal Caves (Wieliczka salt mine, southern Poland). *Proceedings of the XVIIIth Congress of the Carpathian-Balkan Association*, Belgrade: 464–468.
- PIZON A., PERYT T.M., DĘBSKI J. 1985 – Środowisko powstania polihalitów cechsztyńskich w rejonie Zatoki Puckiej. *Prz. Geol.*, 33: 659–663.
- PODEMSKI M. 1973 – Sedymantacja cechsztyńska w zachodniej części monokliny przedsudeckiej na przykładzie okolic Nowej Soli. *Pr. Inst. Geol.*, 71: 1–101.
- SCHALLER W.T., HENDERSON E.P. 1932 – Mineralogy of drill cores from the potash field of New Mexico and Texas. *U.S.G.S. Bull.*, 833: 124.
- TARKA R. 1992 – Tektonika wybranych złóż soli w Polsce na podstawie badań mezostrukturalnych. *Pr. Państw. Inst. Geol.*, 137: 1–47.
- TOMASSI-MORAWIEC H., CZAPOWSKI G. 2006 – Brom w skałach ilasto-solnych cechsztyń Polski. *Prz. Geol.*, 54: 488–495.
- TOMASSI-MORAWIEC H., CZAPOWSKI G., BORNEMANN O., SCHRAMM M., TADYCH J., MISIEK G., KOLONKO P., JANIÓW S. 2007 – Wzorcowe profile bromowe utworów solnych cechsztyń Polski: sole cyklu PZ2 (Z2) w kopalni soli Kłodawa. *Gosp. Sur. Miner.*, 23: 103–115.
- TOMASSI-MORAWIEC H., CZAPOWSKI G., BORNEMANN O., SCHRAMM M., MISIEK G. 2009 – Wzorcowe profile bromowe dla solnych utworów cechsztyń w Polsce. *Gosp. Sur. Miner.*, 25: 75–143.
- VOVNYUK S., CZAPOWSKI G. 2007 – Generation of primary sylvite: the fluid inclusion data from the Upper Permian (Zechstein) evaporites, SW Poland. *Geol. Soc. Spec. Publ.*, 285: 275–284.
- WERNER Z. 1960 – Badania złóż soli. *Pr. Inst. Geol.*, 30 (1): 317–324.
- WERNER Z. 1970 – Sole kamienne i potasowo-magnezowe. *Biul. Inst. Geol.*, 251: 371–378.