

**GEOCHEMIA BROMU I WYKSZTAŁCENIE
UTWORÓW SOLNYCH CECHSZTYNU
W WYBRANYCH OTWORACH WIERTNICZYCH
W WYSADZIE SOLNYM GÓRA KOŁO INOWROCŁAWIA**

**Bromine geochemistry and characteristics of Zechstein salt rocks
in selected core materials from the Góra salt diapir
near Inowrocław (Central Poland)**

**Grzegorz CZAPOWSKI¹, Hanna TOMASSI-MORAWIEC¹,
Joanna TADYCH², Łukasz GRZYBOWSKI²
& Tadeusz SZTYRAK¹**

¹*Państwowy Instytut Geologiczny, ul. Rakowiecka 4, 00-975 Warszawa;
e-mail: grzegorz.czapowski@pgi.gov.pl, hanna.tomassi-morawiec@pgi.gov.pl,
tadeusz.sztyrak@pgi.gov.pl*

²*Inowrocławskie Kopalnie Soli SOLINO SA; ul. św. Ducha 26a, 88-100 Inowrocław;
e-mail: asia.tadych@solino.pl, lukasz.grzybowski@solino.pl*

Treść: Kompleksowe badania wykształcenia i zmian zawartości bromu w materiałach rdzeniowych z trzech profili solnych utworów cechsztynu, odwierconych na terenie wysadu solnego Góra, umożliwiły przedstawienie charakterystyki poszczególnych ogniw litostratygraficznych solnych oraz skonstruowanie syntetycznych ich sukcesji w profilu pionowym. Obserwacje tendencji zmian zawartości bromu okazały się pomocne w wyznaczeniu kierunku stropu ogniw solnych i wskazaniu położenia osi przypuszczalnych wielkoskalowych deformacji fałdowych w obrębie kompleksów soli kamiennej.

Słowa kluczowe: złoża solne, geochemia bromu, cechsztyń, środkowa Polska

Abstract: Detailed macroscopic profiling of salt cores from selected wells drilled in the Góra salt diapir (central Poland), supported with bromine content analyses, enabled to define and characterize the succession of Zechstein (Upper Permian) lithostratigraphic units in each well. The study results allowed also to define better the type of tectonic macrodeformations (as folds) within studied salt series, being so common in any salt diapir, but difficult to observe in well sections.

Key words: salt deposits, bromine geochemistry, Zechstein, Central Poland

WSTĘP

Interpretacja zwykle wyjątkowo skomplikowanej budowy wewnętrznej wysadów solnych, opiera się na dokładnym opisie i zdefiniowaniu pozycji stratygraficznej utworów solnych i niesolnych, formujących strukturę. Danych dostarcza rozpoznanie wiertnicze i rozcięcie wysadu podziemnymi wyrobiskami górnictwymi w przypadku budowy kopalni podziemnej np. struktura Kłodawa (czynna kopalnia podziemna) lub Inowrocław (kopalnia zlikwidowana). Głębokość rozpoznania warunkowana jest głębokością wykonanych wyrobisk i nie przekracza 800 m. W przypadku pozostałych wysadów solnych, w obrębie których udokumentowano złoża soli, np. Damasławek, Lubień, Łanięta czy Rogoźno, lub prowadzono ich eksploatację otworową, np. Góra czy Mogilno, jedyny materiał badawczy oferują wykonane odwierty, zatem kompleksowa interpretacja rdzenia wiertniczego oraz danych karotażowych pozwala opisać i określić wiek utworów, a w kolejnym etapie prac – opracować model budowy wewnętrznej wysadu w części rozpoznanej wierceniami.

Wykonane przez Państwowy Instytut Geologiczny w 2008 roku na zlecenie Inowrocławskich Kopalń Soli SOLINO SA badania geochemiczne i profilowanie wykształcenia utworów solnych cechsztynu w otworach wiertniczych G-34, G-39 i G-16, zlokalizowanych na wysadzie Góra (Tomassi-Morawiec *et al.* 2008), pozwoliły przedstawić wykształcenie i zmiany zawartości bromu dla głównych ogniw solnych budujących wysad oraz uściślić sukcesję ogniw litostratygraficznych w tych profilach w interwale głębokości 200–1750 m.

POŁOŻENIE I ZARYS BUDOWY GEOLOGICZNEJ WYSADU GÓRA

Wysad solny Góra położony jest w odległości ok. 15 km na wschód od Inowrocławia (Fig. 1A), w południowej części województwa kujawsko-pomorskiego. W latach 1911–1912 rozpoznano go 15 płytkimi otworami wiertniczymi (do głębokości 175 m) oraz jednym głębokim otworem (G-226; do głębokości 1100 m). Otwory te pozwoliły udokumentować złożę soli i parametry jakościowe kopaliny. W okresie międzywojennym wykonano pomiary grawimetryczne, których wynikiem była mapa anomalii grawimetrycznych (1946), określająca granice złoża. W latach 50. ubiegłego wieku prowadzono dalsze prace wiertnicze (do głębokości ok. 300 m), dzięki którym sporządzone zostały dokumentacje geologiczne złoża „Góra” w kategorii C2 (Figiel 1956) oraz C1 (Figiel 1960). W latach 1964–1966 podczas budowy otworowej Kopalni Soli „Góra” wykonano cztery otwory do głębokości 1200 m, zaś na początku lat 90. – badania grawimetryczne i sejsmiczne w celu uściślenia przebiegu granic wysadu. Uzyskane dane umożliwiły przygotowanie kolejnych 2 dokumentacji geologicznych złoża soli: w kategorii B+C1+C2 (Domagała 1982) i w kategorii C2+C1+B (Parecka 1994). Rozbudowa kopalni od lat 60. ubiegłego wieku, a także budowa Podziemnego Magazynu Ropy i Paliw (oddany do użytku w 2002 r.), przyniosła rozwiercenie złoża do dnia dzisiejszego jeszcze ponad czterdziestoma otworami (Fig. 1B), a także wykonanie czterech dodatków do dokumentacji geologicznej (np. Brańka *et al.* 2001, Biernat 2005). Obecnie złożę soli w wysadzie Góra udokumentowane jest do głębokości 1700 m (głębokość możliwej eksploatacji), zaś dalsze jego rozpoznanie ukierunkowane jest na ustalenie geometrii południowo-zachodniej i południowej ściany złoża. Zasoby bilansowe soli kamiennej w złożu szacowane są na 2.3 mld ton, zaś przemysłowe – na 0.3 mld ton (Gientka *et al.* 2008).

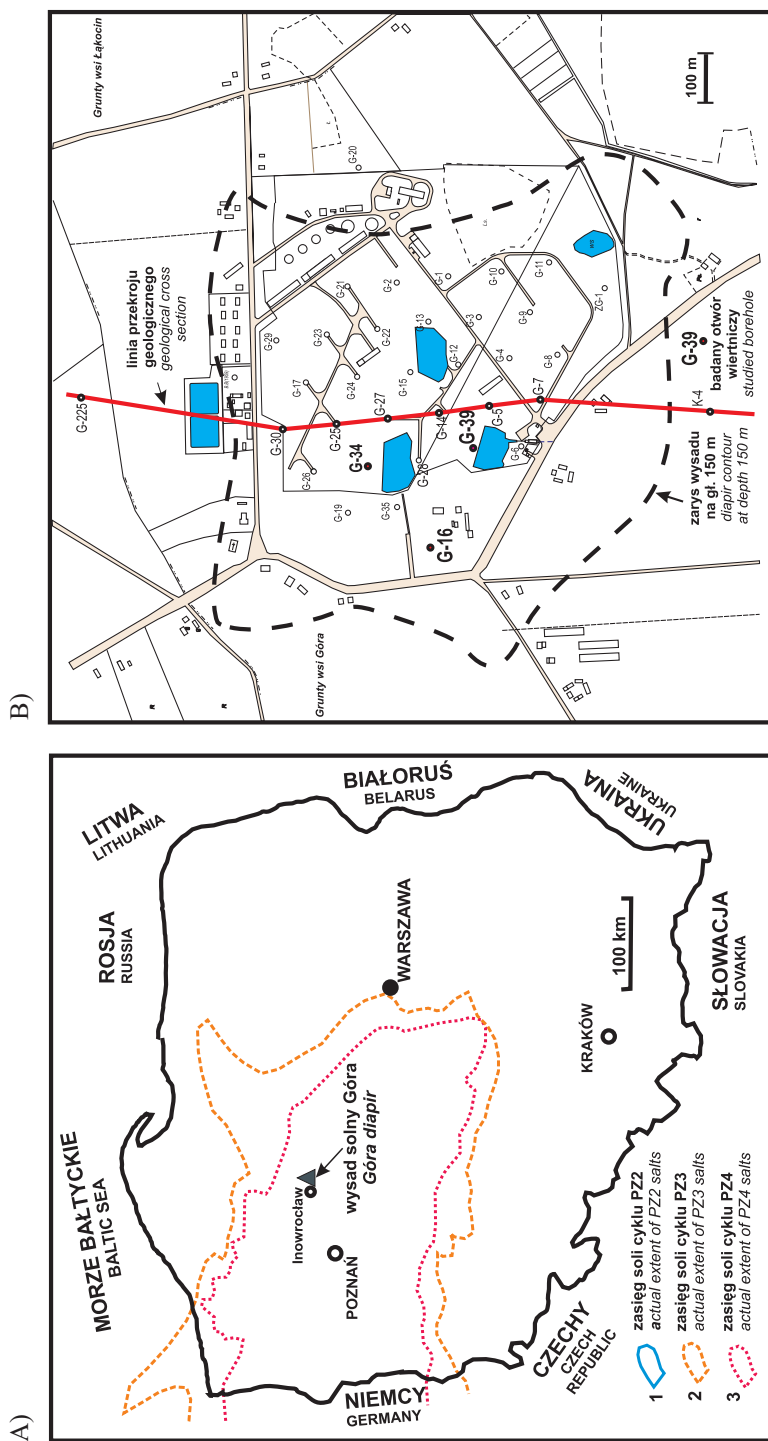


Fig. 1. Lokalizacja badanych otworów wiertniczych na wydzie solnym Góra: A) położenie wydasy Góra na tle aktualnego rozmieszczenia utworów solnych cechszynu w Polsce (wg Czapowskiego 1995); B) rozmieszczenie otworów wiertniczych na terenie wydasy Góra

Fig. 1. Location of studied boreholes in the Góra diapir area: A) location of the Góra diapir within the actual extent of Zechstein salts in Poland (after Czapowski 1995); B) location of boreholes in the Góra diapir area

Działalność górnictw na wysadzie Góra prowadzą obecnie Inowrocławskie Kopalnie Soli SOLINO SA z siedzibą w Inowrocławiu. Złoże soli kamiennej jest eksploatowane metodą ługowania otworami wiertniczymi o głębokości do 1700 m, rozmieszczonymi w siatce trójkąta równobocznego o boku 100 m. Maksymalna średnica wyługowanych komór wynosi 55 m, ich półka stropowa ma grubość 250 m, a w przypadku komór wykorzystywanych jako magazyny – 350 m. Szerokość filaru brzeżnego, izolującego wyrobiska od skał otaczających wysad, wynosi ok. 50–100 m. Część kawern, w których zakończono eksploatację soli, została zaadoptowana na potrzeby magazynu ropy i paliw, zaś produkowana w komorach ługowniczych solanka służy m.in. do wytłaczania węglowodorów z komór magazynowych.

W kontekście geologicznym wysad solny Góra lokuje się w środkowej części polskiego basenu cechsztyńskiego, w zachodnim skraju antyklinorium kujawskiego (Karnkowski 2008), gdzie występują wszystkie ogniwa ewaporatowe cechsztynu (Fig. 1) o miąższościach serii solnych sięgających do kilkuset metrów (Czapowski *et al.* 1991, 1993, Czapowski 1993, Wagner 1994). Budowę geologiczną tego rejonu określają ruchy halokinetyczne i halotektoniczne utworów solnych cechsztynu, przedzierających się ku górze poprzez skały nadkładu mezozoiczno-kenozoicznego w strefach aktywności tektonicznej podłoża podpermskiego (np. Dadlez & Marek 1974, Tarka 1991, Dadlez 1997, 1998, Dadlez *et al.* 1998, Burliga *et al.* 2003, Krzywiec 2004a, b). Wysad Góra jest wyciśniętym słupem solnym, położonym na NW skraju wielkiej poduszki solnej Radziejowa, obciętym od NE dyslokacją o biegu NNW-SSE (Dadlez 1998). Wyniki badań geofizycznych z 1991 (Biernat 2005) sugerują obecność od północy wysadu równoleżnikowej dyslokacji, zaś od wschodu i zachodu – dyslokacji o kierunku N-S. Ściany wysadu na znacznych odcinkach są nachylone niemal pionowo, jedynie ściany południowa i południowo-zachodnia są mniej stromo nachylone (Fig. 2). W przekroju poziomym wysad ma kształt nieforemnej elipsy, której dłuższa oś o przebiegu NW-SE, ma długość około 1000 m, zaś krótsza – 900 m.

Nadkład wysadu tworzą osady plejstoceno-holocenoiczne o miąższości od 30 m do ponad 100 m (Fig. 2), reprezentowane głównie przez piaski różnoziarniste i gliny zwałowe. Pod nimi występują utwory czapy wysadu złożone z siarczanów (anhydryt-gips) lub iłów i gipsów. Stropowa powierzchnia czapy wysadu jest bardzo zróżnicowana, jej deniwelacje dochodzą do 50 m, grubość czapy zmienia się od 34 m do 116 m, zaś w dwóch otworach wiertniczych stwierdzono zwierciadło solne bezpośrednio pod skałami nadkładu. Na obrzeżach wysadu pod pokrywą plejstoceno-holocenoiczną występują osady neogenu (iły, piaski brunatne z pyłem węgla brunatnego oraz żwiru i mułki), zaś otulinę wysadu tworzą węglanowe i piaskowcowo-mułkowcowe utwory jurajskie.

Wewnętrzną budowę wysadu Góra charakteryzuje – w świetle materiałów wiertniczych – strome lub prawie pionowe ułożenie warstw utworów cechsztynu, wykształconych jako anhydryty, sole kamienne i potasowo-magnezowe oraz skały ilaste i zubrowe. Dotychczas rozpoznane utwory solne reprezentowane są przez przełałdowane ogniwa starszej soli kamiennej i potasowej cyklotemu stassfurt (PZ2), zajmujące centralną i południową rozpoznaną część wysadu, oraz ogniwa solne cyklotemów leine (PZ3) i aller (PZ4), przełałdowane z utworami cyklotemu stassfurt, występujące w części północnej i północno-zachodniej (np. Domagała 1982, Parecka 1994, Brańka *et al.* 2001), na północ od otworów G-17, G-21, G-23 i G-28 (Fig. 2).

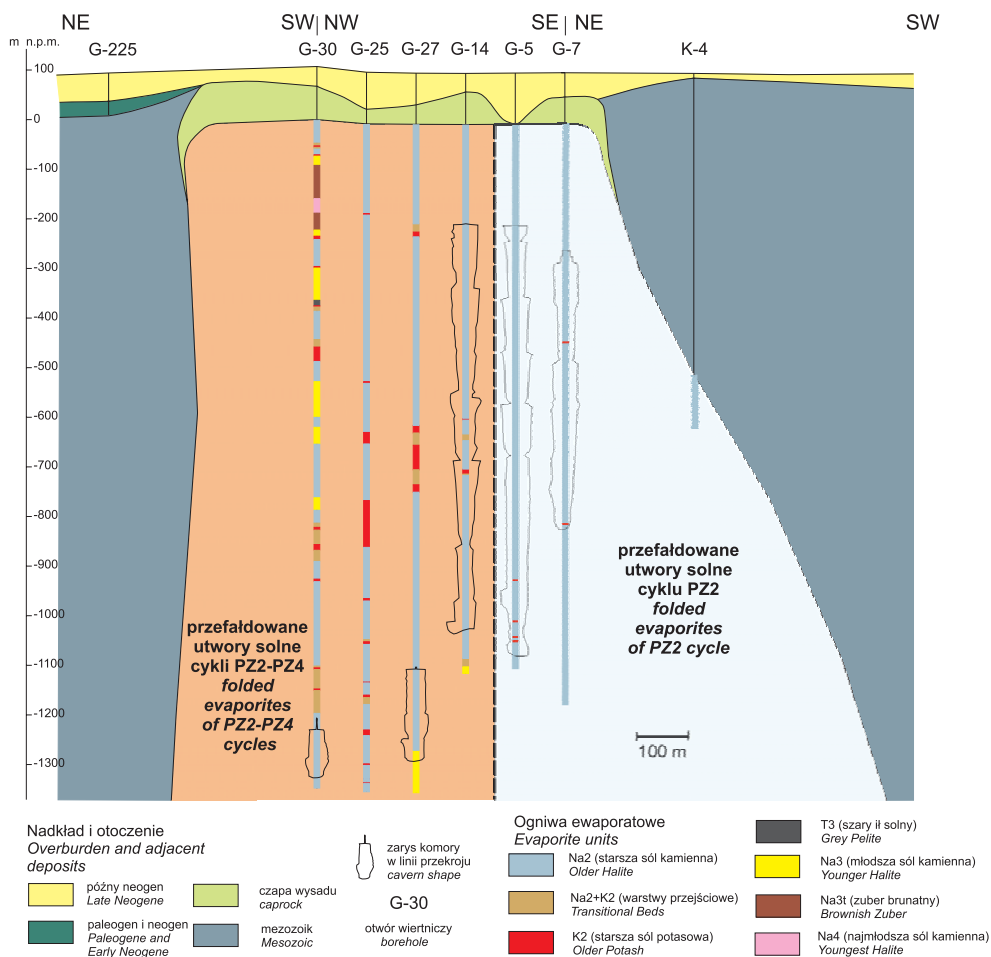


Fig. 2. Syntetyczny przekrój geologiczny przez górną część wysadu solnego Góra

Fig. 2. Schematic section of the upper part of Góra diapir

METODYKA BADAŃ

Podczas prac terenowych dokładnie sprofilowano materiał rdzeniowy z trzech otworów wiertniczych: G-16, G-34 i G-39 (Fig. 1B), celem określenia makroskopowych cech strukturalnych i teksturalnych skał solnych i wychwycenia zmienności w badanych profilach (Fig. 3, 4). Próbkę proszkową (do oznaczeń chemicznych) z materiału rdzeniowego (głównie sól kamienna) pobrano przy pomocy wiertarki w odstępach 1 m, 1.5 m i 2 m, uwzględniając zmienność strukturalno-teksturalną i wiekową materiału skalnego.

Na Uniwersytecie Technicznym w Clausthal (Niemcy) wykonano w pobranych próbkach oznaczenia zawartości bromu i jonu siarczanowego metodą chromatografii jonowej. Dokładność oznaczenia bromu wynosi $\pm 2 \mu\text{g Br/g}$ halitu. W oparciu o zawartość jonu siarczanowego został obliczony udział anhydrytu w próbkach. Uzupełnienie do 100% stanowi zawartość halitu. Oznaczone koncentracje bromu w próbkach zostały przeliczone na czysty halit. Z konieczności (koszty) uproszczony tok analityczny, nieuwzględniający oznaczeń takich jonów jak Ca^{2+} , K^+ , Mg^{2+} , Cl^- , nie pozwala na precyzyjne określenie składu mineralnego badanych utworów, zatem w przypadku próbek pobranych z wydzieliń zawierających sole potasowo-magnezowe należy spodziewać się, że oznaczona zawartość bromu jest związana nie tylko z halitem, ale także z innymi chlorkami (sylwinem, karnalitem).

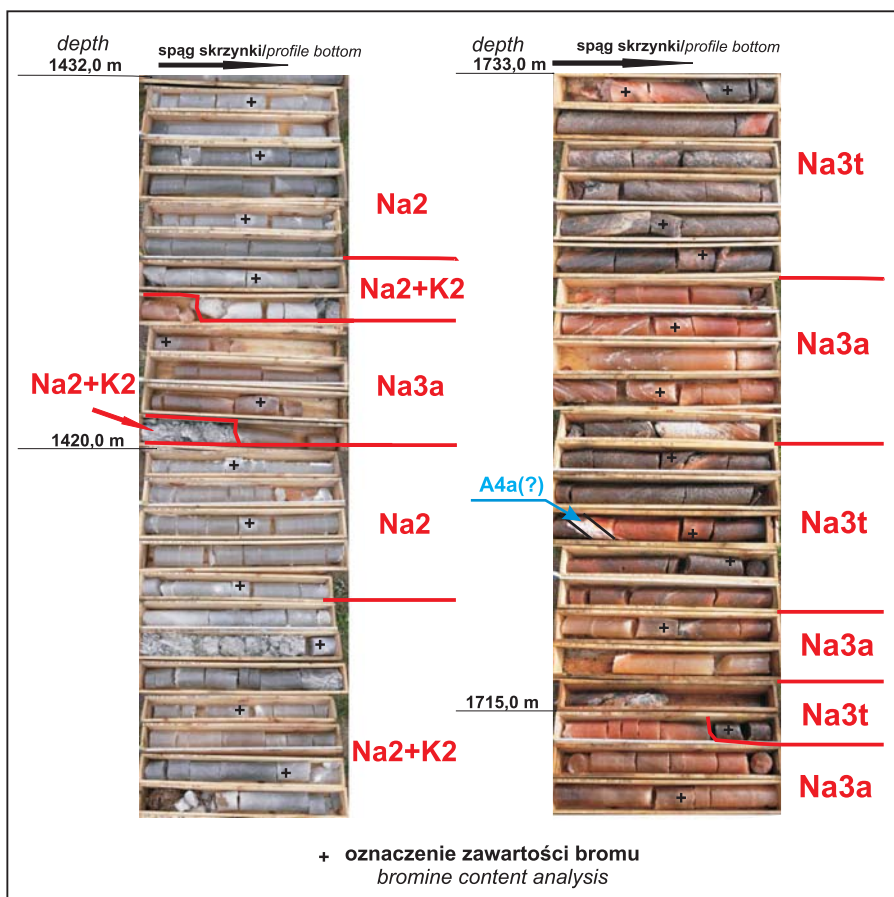


Fig. 3. Fragmenty rdzenia z profilowanego otworu wiertniczego G-34. Objasnienia wydzieliń litrostratygraficznych w tekście jak na figurze 2, Na3a – młodsza sól kamienna dolna, A4a – anhydryt pegmatytowy

Fig. 3. Core fragments of the studied G-34 profile. Lithostratigraphic units as on figure 2, Na3a – lower Younger Halite, A4a – Pegmatite Anhydrite

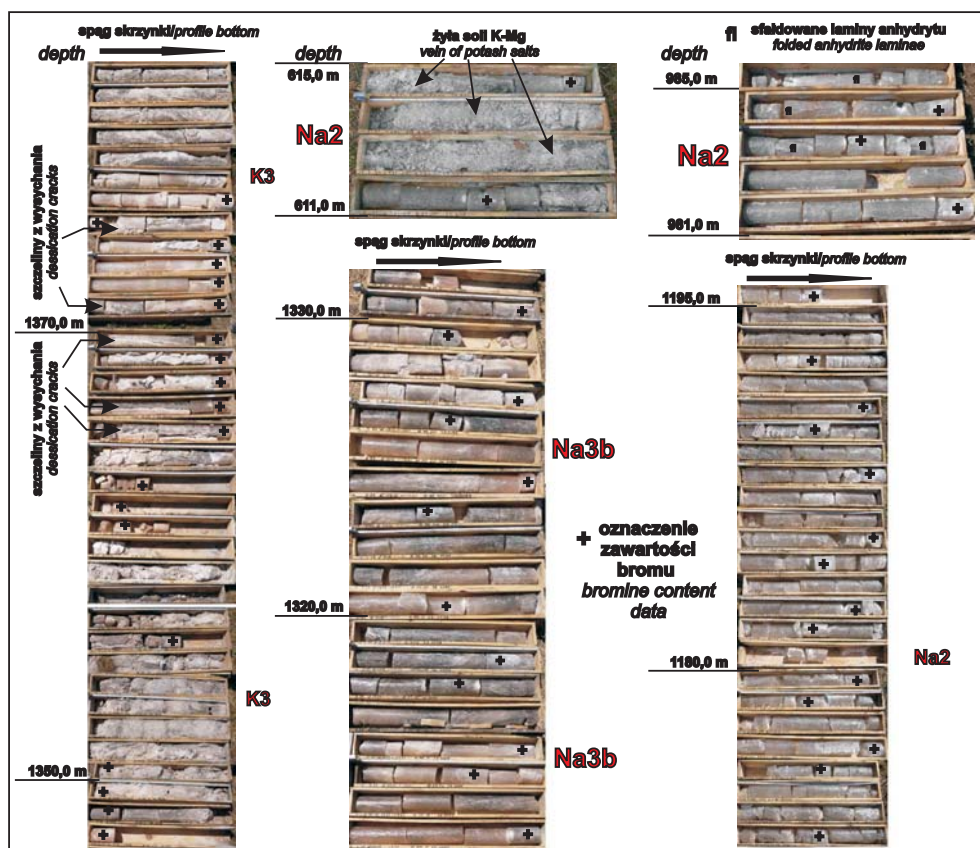


Fig. 4. Fragmenty rdzenia z profilowanych otworów wiertniczych G-16 i G-39. Objasnienia wydzielen litostratygraficznych jak na figurze 2, Na3b – młodsza sól kamienna górna, K3 – młodsza sól potasowa

Fig. 4. Core fragments of the studied G-16 and G-39 profiles. Lithostratigraphic units as on figure 2, Na3b – upper Younger Halite, K3 – Younger Potash

PODSTAWY METODY BROMOWEJ W BADANIACH SOLI

Oznaczenia zawartości bromu (tzw. metoda bromowa) są dodatkowym kryterium identyfikacji wydzielen litostratygraficznych w obrębie formacji solnych. Metoda ta polega na wykorzystaniu rozkładu zawartości bromu w badanej serii solnej do określenia jej pozycji stratygraficznej, przy założeniu, że ogniwa chlorkowe kolejnych cyklotemów (np. cechszynu w Polsce) w sukcesji czasowej od starszych do młodszych, charakteryzują się sobie właściwymi rozkładami zawartości bromu, odróżniającymi je od pozostałych, a odzwierciedlającymi specyficzne zmiany warunków zasolenia w kolejnych zbiornikach sedymentacji chlorków.

Podczas ewaporacji wody morskiej brom wchodzi w struktury krystaliczne minerałów chlorkowych, zastępując diadochowo chlor. W miarę postępu procesu ewaporacji jego zawartość rośnie zarówno w roztworze, jak i w kolejnych generacjach osadzanych chlorków. Udział bromu w halitach pozwala zatem wnioskować o stężeniu macierzystych solanek, a analiza rozkładu zawartości bromu w profilach formacji solnych umożliwia prześledzenie historii zasolenia zbiornika ewaporacyjnego. Obserwowany w normalnych sukcesjach utworów solnych wzrost zawartości bromu w chlorkach jest pomocny w wyznaczeniu kierunku stropu danego ognia solnego, a w konsekwencji – ustalenia normalnej czy odwróconej pozycji tego wydzielienia w profilu i możliwości zinterpretowania skomplikowanej budowy tektonicznej struktur solnych. Opisana metoda w zastosowaniu do stratygrafii utworów ewaporatowych jest z powodzeniem stosowana w Niemczech (Schramm *et al.* 2002, Schramm & Bornemann 2004, Schramm *et al.* 2005). W Polsce szczegółowe profile bromowe utworów chlorkowych różnych ogniw wiekowych (opracowane na podstawie wyników badań materiału rdzeniowego z różnych rejonów kraju) były dotychczas wykorzystywane do korelacji odcinków serii solnych charakteryzujących się podobną tendencją zmian zawartości bromu i zbliżonymi koncentracjami tego pierwiastka (Tomassi-Morawiec 2003, 2006).

Prowadzone w ostatnich latach przez Państwowy Instytut Geologiczny szczegółowe badania geochemiczne serii solnych cyklotemów PZ2, PZ3 i PZ4 w wysadzie kłodawskim umożliwiły opracowanie wzorcowych profili bromowych dla ogniw soli kamiennych cykli PZ2, PZ3 i PZ4 oraz określenie przedziałów zawartości bromu w halitach z tych wydzielen (Tomassi-Morawiec *et al.* 2007, 2009 w druku, Bornemann *et al.* 2008). Profile te, odzwierciedlające zmienność zawartości bromu w solankach z części osiowych kolejnych basenów cechsztyńskich na terenie Polski, okazały się bardzo pomocne przy identyfikacji ogniw litostratygraficznych w badanym materiale rdzeniowym z wysadu Góra. Rozkłady zawartości bromu w halicie oraz zasięg wydzielonych ogniw litostratygraficznych w profilach otworów G-16, G-34 i G-39 ukazuje figura 5.

GEOCHEMIA BROMU I CHARAKTERYSTYKA WYKSZTAŁCENIA ZBADANYCH OGNIW SOLNYCH CECHSZTYNU W WYSADZIE GÓRA

Analiza materiału rdzeniowego w wymienionych otworach wiertniczych umożliwiła przedstawienie dokładnej charakterystyki wykształcenia i zmian zawartości bromu w ogniwach solnych cykli PZ2 i PZ3 (Fig. 5).

Utwory cyklu PZ2

Badania prowadzone dla celów dokumentacji geologicznej złoża soli kamiennej Góra (Domagała 1982, Parecka 1994, Brańka *et al.* 2001) wykazały, że utwory ognia starszej soli kamiennej (Na₂), stanowiące w wysadzie Góra główny składnik cyklu PZ2, reprezentowane są przez średnio- i gruboziarnistą sól kamienną, białą, mlecznoszarą, szarą i jasnoszarą, lokalnie kryształową przezroczystą. Czasem te sole są zabarwione miodowo, jasnoróżowo i niebieskawo, cechuje je bardzo wysoka zawartość NaCl – 92–99% (Brańka *et al.* 2001).

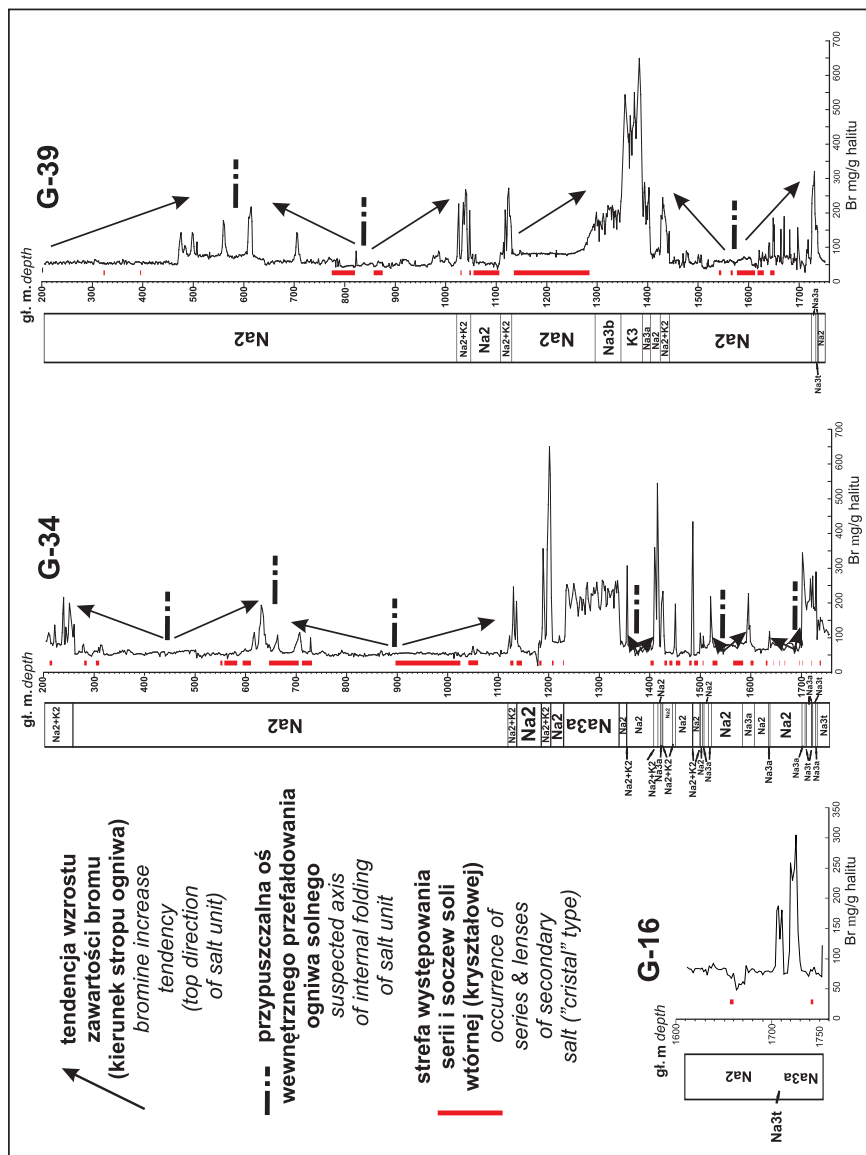


Fig. 5. Rozkład zawartości bromu i litostratygrafia w badanych profilach otworów G-16, G-34 i G-39. Objasnienia wydzieleni litostratygraficznych jak na figurach 2-4

Domieszki nierozpuszczalne to piasek anhydrytowy i substancja ilasta, występujące w postaci smug i prążków, częściej rozproszone nierównomiernie w soli. Rozpoznane wystąpienia soli potasowo-magnezowej zaliczono do ogniwa starszej soli potasowej (K2) i są one reprezentowane przez smugi i kilkunastocentymetrowej grubości wkładki przedzielone solą kamienną (*op. cit.*).

Przeprowadzone obserwacje i analiza geochemiczna materiału rdzeniowego z wymienionych trzech otworów wiertniczych pozwoliły bliżej scharakteryzować oba wydzielienia solne:

- a) **Ogniwo starszej soli kamiennej (Na2)** buduje sól kamienna szara, rzadziej biała, do miodowej i różowawej w pobliżu kontaktu z wydzielaniem Na2+K2 (Fig. 3), przezroczysta do półprzezroczystej, lokalnie nieprzezroczysta (przy wyjątkowo dużej ilości nierozpuszczalnych domieszek), równo- do różnokrystalicznej, drobno- do grubokrystalicznej, ze strefami i gniazdami soli wtórnej, tzw. kryształowej, przezroczystej, zawierającej zwykle gazowe inkluzje. Sól jest silnie spękana, w profilach wierceń występują strefy o kryształach przebudowanych tektonicznie (wydłużonych). Domieszki nierozpuszczalne to głównie anhydryt w formie piasku, drobnych agregatów, budujących smugi, rzadziej laminy, a sporadycznie laminy i warstwy anhydrytu grubości do kilku centymetrów. Smugi i laminy nadają partiom soli wygląd rytmitów solno-anhydrytowych, tak charakterystycznych dla dolnej części ogniwa Na2 w wyrobiskach w wyśady kłodawskim. Anhydryt jest czasem spolihalityzowany i zwykle towarzyszy mu substancja ilasta. Omawiane ogniwo stanowi główny składnik budujący przebadane profile wiertnicze, zaś udział bromu w jego utworach zmienia się od 20 µg/g halitu do 313 µg/g halitu (Fig. 5), zaś NaCl – od 69.8% do 100%.
- b) **Wydzielenie Na2+K2** opisywane jest jako „seria/warstwy przejściowe Na2+K2” w wysady kłodawskim (np. Czapowski *et al.* 2005). W przypadku badanych profili z wysady Góra zdaniem autorów bardziej celowe wydaje się użycie tego wydzielienia zamiast określenia „ogniwo starszej soli potasowej” (K2), gdyż stwierdzone przewarstwienia asocjacji soli kamiennej i soli potasowo-magnezowej są dość cienkie i przedzielone znacznie grubszy pakietami czystej soli kamiennej, co bardzo przypomina wykształcenie tego wydzielienia w wysady kłodawskim. Widoczne tam utwory ogniwa K2 – jako najlepiej dostępne obserwacjom – są bardziej zdominowane przez sole karnalitowe z kizerytem i tworzą wyraźny pokład wśród soli kamiennej.

Utwory wydzielienia Na2+K2 w badanych profilach budują szare do beżowych sole kamienne różno- i równokrystaliczne, średnio- i grubokrystaliczne, czasem kryształowe, przezroczyste i półprzezroczyste, ze smugami anhydrytu z domieszką substancji ilastej i przewarstwieniami (żyły?) grubości do kilku cm soli potasowo-magnezowej (Fig. 3). Skład mineralny tej soli nie został precyzyjnie określony w badanym materiale, w opracowaniach dokumentacyjnych (Domagała 1982, Parecka 1994) wymienia się występujące w solach potasowych w wysady Góra następujące minerały: sylwin, karnalit, kizeryt, kainit i polihalit. Udział bromu w utworach wydzielienia Na2+K2 zmienia się od 59 µg/g halitu do 651 µg/g halitu (Fig. 5), zaś NaCl – od 69.8% do 99.5%.

Utwory cyklu PZ3

Utwory cyklu PZ3 w świetle wymienionych opracowań dokumentacyjnych (Domagała 1982, Parecka 1994, Brańka *et al.* 2001) obejmują: ogniwo młodszej soli kamiennej (Na3), zbudowane z białej, szarej, miodowej i różowej soli kamiennej, brunatne i ciemnoszare zubry ogniwa zubru brunatnego (Na3t) oraz sole ilaste (przynależne zapewne ogniwu młodszej soli kamiennej górnej [Na3b]).

Charakterystyka wyróżnionych czterech ogniw solnych cyklu PZ3 w przebadanym materiale rdzeniowym przedstawia się następująco:

- a) **Ogniwo młodszej soli kamiennej dolnej (Na3a)** tworzą sole kamienne beżowe, szare, miodowe, różowe do czerwonych i brunatnych (Fig. 3), równo- do różnokrystalicznych, drobno- do grubokrystalicznych, przezroczyste do półprzezroczystych, dość rytmicznie laminowane i smugowane piaskiem anhydrytowym z domieszką substancji ilastej (tzw. sole liniowane, znane np. z wysadu kłódawskiego). Udział bromu w utworach tego ogniwa zmienia się od 70 µg/g halitu do 345 µg/g halitu (Fig. 5), zaś NaCl – od 85.3% do 99.9%.
- b) **Ogniwo młodszej soli potasowej (K3)** stwierdzone w profilu otworu wiertniczego G-39, budują podobnego typu co ogniwo Na3a sole kamienne, z warstwami soli potasowo-magnezowej (o składzie trudnym do określenia wobec silnego zwietrzenia rdzenia) rytmicznie warstwowanymi solą kamienną o grubości warstw 1–2 cm (Fig. 4). Jako domieszki pojawiają się anhydryt i substancja ilasta. W wyższej części wyróżnionego ogniwa zaobserwowano systemy pionowych szczelin grubości 5–10 cm, wypełnionych halitem z solą potasową i iłem (Fig. 4), przypominających szczeliny z wysychania, zarejestrowane w podobnej pozycji stratygraficznej w profilach z wysadu kłódawskiego (np. Garlicki 1991, Tarka 1989). Udział bromu w utworach tego ogniwa zmienia się od 234 µg/g halitu do 649 µg/g halitu (Fig. 5), zaś NaCl – od 90.7% do 99.5%.
- c) **Ogniwo młodszej soli kamiennej górnej (Na3b)** wyróżniono w profilu otworu wiertniczego G-39 (Fig. 4). Tworzą je beżowe, szare, różowe sole kamienne, równo- do różnokrystalicznych, grubokrystaliczne, półprzezroczyste do nieprzezroczystych, ze smugami i rozproszonym anhydrytem i substancją ilastą. Udział bromu w utworach tego ogniwa zmienia się od 118 µg/g halitu do 222 µg/g halitu (Fig. 5), zaś NaCl – od 93.8% do 99.8%.
- d) **Ogniwo zubru brunatnego (Na3t)** zostało wyróżnione w dolnej części profili wszystkich trzech badanych otworów wiertniczych. Budują je zubry i sole kamienne zailone, różowe, czerwone do brunatnych, różnokrystaliczne, półprzezroczyste do nieprzezroczystych, ze smugami, gruzłami i rozproszonym anhydrytem oraz substancją ilastą (Fig. 3). Często widoczne są żyły barwnej soli wtórnej (włóknistej), sporadycznie występują przewarstwienia szarego iłowca (do 16 cm grubości) oraz rytmit soli brunatnej (bardziej zailonej) i czerwonej. Udział bromu w utworach tego ogniwa zmienia się od 108 µg/g halitu do 203 µg/g halitu (Fig. 5), zaś NaCl – od 81.4% do 99.6%.

Rozpoznane w wysadzie utwory cyklu PZ4 reprezentują (Domagała 1982, Parecka 1994, Brańka *et al.* 2001) sole kamienne czerwone i pomarańczowe z wkładkami soli białej (odpowiadające zapewne ogniwu najmłodszej soli kamiennej dolnej [Na4a] wg Wagnera 1994)

oraz zubry ogniwa zubru czerwonego (Na4t). Sole kamienne obu cykli cechuje większy udział nierozpuszczalnych domieszek i niższy udział NaCl – 82–95% (*op. cit.*).

W przebadanym materiale wiertniczym jako przypuszczalnie przynależne cyklowi PZ4 wyróżniono jedynie utwory siarczanowe, zaobserwowane w spągowej części profilu otworu G-34 (Fig. 4). Są to warstwy szarego anhydrytu grubości 18–20 cm, laminowanego i smugowanego iłem, z gniazdami halitu, zaklinowane tektonicznie pomiędzy utworami ogniwa zubru brunatnego (Na3t) i młodszej soli kamiennej dolnej (Na3a). Uznano je za odpowiednik ogniwa anhydrytu pegmatytowego (A4a wg terminologii Wagnera 1994).

Należy podkreślić, że obserwowane nachylenie badanych utworów (ocenione na podstawie przebiegu granic litologicznych, laminacji i smugowania) zmienia się od zera do 60–80°. W pewnych odcinkach profilu warstwy są ustawione pionowo, zarejestrowano też fałdy o promieniu kilku, kilkunastu metrów oraz drobnoskalowe zaburzenia laminacji („sejsmity”) (Fig. 4). O zaangażowaniu tektonicznym badanych skał świadczą też partie solne o silnie wydłużonych kierunkowo kryształach halitu oraz towarzyszące im szczeliny i systemy gęstych spękań, szczególnie dobrze czytelne w seriach tzw. soli kryształowej (Fig. 4), których zasięg wystąpień (Fig. 5) wyznacza strefy intensywnej tektonicznej przebudowy (i swoistej unifikacji) pierwotnej struktury soli kamiennej.

PROFILE LITOSTRATYGRAFICZNE CECHSZTYNU W BADANYCH OTWORACH WIERTNICZYCH

Obserwowane powtórzenia wydzielen litostratygraficznych w profilach otworów wiertniczych (Fig. 3–5) dowodzą wielokrotnych przełańdowań, połączonych z wyklinowaniem i wycienieniem niektórych ogni. Obserwacje makroskopowe materiału rdzeniowego oraz analiza danych geochemicznych (zmiany zawartości bromu) pozwoliły określić sukcesje wyróżnionych ogni litostratygraficznych w badanych profilach otworów wiertniczych oraz wychwycić tendencje wzrostowe zmian zawartości bromu, sugerujące kierunek lokalizacji stropu ogni solnych (Fig. 5).

Skonstruowane syntetyczne profile litostratygraficzne trzech badanych otworów przedstawiają się następująco (podano nazwy ogni i interwały głębokości ich występowania):

Syntetyczny profil litostratygraficzny w otworze wiertniczym G-16

Interwał gł. 1611–1705 m = ogniwo **Na2**

Interwał gł. 1705–1711 m = ogniwo **Na3t**

Interwał gł. 1711–1754 m = ogniwo **Na3a**

Należy zaznaczyć, że przebadany materiał rdzeniowy z tego otworu odnosi się do najniższej części zbadanego profilu utworów cechsztynu i obejmuje sukcesję soli cyklu PZ3 (ogniwa: zuber brunatny [Na3t] i młodsza sól kamienna dolna [Na3a]), przykrytą utworami starszej soli kamiennej (Na2). Zbyt krótki rdzeń z tego otworu nie pozwala wiarygodnie ustalić pozycji stropu wydzielen solnych. Wystąpienia wtórnej soli typu „kryształowej” są tu sporadycznie odnotowane w obu ogniach soli kamiennej.

Syntetyczny profil litostratygraficzny w otworze wiertniczym G-34

Interwał gł. 205.0–261.0 m = ogniwo **Na2+K2**
Interwał gł. 261.0–1120.5 m = ogniwo **Na2**
Interwał gł. 1120.5–1138.0 m = ogniwo **Na2+K2**
Interwał gł. 1138.0–1187.0 m = ogniwo **Na2**
Interwał gł. 1187.0–1205.3 m = ogniwo **Na2+K2**
Interwał gł. 1205.3–1231.0 m = ogniwo **Na2**
Interwał gł. 1231.0–1340.5 m = ogniwo **Na3a**
Interwał gł. 1340.5–1355.3 m = ogniwo **Na2**
Interwał gł. 1355.3–1356.0 m = ogniwo **Na2+K2**
Interwał gł. 1356.0–1409.0 m = ogniwo **Na2**
Interwał gł. 1409.0–1417.0 m = ogniwo **Na2+K2**
Interwał gł. 1417.0–1422.0 m = ogniwo **Na2**
Interwał gł. 1422.0–1422.4 m = ogniwo **Na2+K2**
Interwał gł. 1422.4–1425.25 m = ogniwo **Na3a**
Interwał gł. 1425.25–1427.0 m = ogniwo **Na2+K2**
Interwał gł. 1427.0–1446.0 m = ogniwo **Na2**
Interwał gł. 1446.0–1452.0 m = ogniwo **Na2+K2**
Interwał gł. 1452.0–1485.0 m = ogniwo **Na2**
Interwał gł. 1485.0–1486.0 m = ogniwo **Na2+K2**
Interwał gł. 1486.0–1499.7 m = ogniwo **Na2**
Interwał gł. 1499.7–1501.0 m = ogniwo **Na2+K2**
Interwał gł. 1501.0–1504.6 m = ogniwo **Na2**
Interwał gł. 1504.6–1508.0 m = ogniwo **Na3a**
Interwał gł. 1508.0–1517.5 m = ogniwo **Na2**
Interwał gł. 1517.5–1523.0 m = ogniwo **Na3a**
Interwał gł. 1523.0–1584.5 m = ogniwo **Na2**
Interwał gł. 1584.5–1608.0 m = ogniwo **Na3a**
Interwał gł. 1608.0–1636.0 m = ogniwo **Na2**
Interwał gł. 1636.0–1638.5 m = ogniwo **Na3a**
Interwał gł. 1638.5–1702.0 m = ogniwo **Na2**
Interwał gł. 1702.0–1708.0 m = ogniwo **Na3a**
Interwał gł. 1708.0–1711.0 m = ogniwo **Na3t**
Interwał gł. 1711.0–1720.7 m = ogniwo **Na3a**
Interwał gł. 1720.7–1721.3 m = ogniwo **Na3t**
Interwał gł. 1721.3–1721.48 m = ogniwo **A4a (?)**
Interwał gł. 1721.48–1723.0 m = ogniwo **Na3a**
Interwał gł. 1723.0–1728.4 m = ogniwo **Na3t**

Interwał gł. 1728.4–1728.75 m = ogniwo **A4a (?)**

Interwał gł. 1728.75–1732.0 m = ogniwo **Na3a**

Interwał gł. 1732.0–1756.0 m = ogniwo **Na3t**

W przebadanym profilu otworu G-34 dolną jego część budują powtórzenia ogniw zębrow brunatnego (Na3t) i młodszej soli kamiennej dolnej (Na3a), z zaklinowanymi tektonicznie siarczanami ogniwa anhydrytu pegmatytowego (A4a). Wyżej sukcesja obejmuje powtórzenia ogniw: młodszej soli kamiennej dolnej (Na3a) i starszej soli kamiennej (Na2) z powtórzeniami utworów „serii przejściowej Na2+K2”, zaś stropowa część profilu to powtórzenia obu wydzielonych ogniw solnych cyklu PZ2: starszej soli kamiennej (Na2) i „serii przejściowej Na2+K2”. W obrębie czterech wystąpień ogniwa starszej soli kamiennej (Na2) możliwe było określenie kierunku stropu ogniwa. Większość zarejestrowanych stref soli wtórnej typu kryształowego towarzyszy ogniwu Na2, bardzo rzadko (2–3 razy) spotyka się ten rodzaj soli w obrębie ogniw Na3a i Na3t oraz wydzielienia Na2+K2.

Syntetyczny profil litostratygraficzny w otworze wiertniczym G-39

Interwał gł. 205.0–1022.0 m = ogniwo **Na2**

Interwał gł. 1022.0–1050.0 m = ogniwo **Na2+K2**

Interwał gł. 1050.0–1108.0 m = ogniwo **Na2**

Interwał gł. 1108.0–1131.0 m = ogniwo **Na2+K2**

Interwał gł. 1131.0–1296.0 m = ogniwo **Na2**

Interwał gł. 1296.0–1347.0 m = ogniwo **Na3b**

Interwał gł. 1347.0–1389.9 m = ogniwo **K3**

Interwał gł. 1389.9–1406.0 m = ogniwo **Na3a**

Interwał gł. 1406.0–1425.0 m = ogniwo **Na2**

Interwał gł. 1425.0–1443.0 m = ogniwo **Na2+K2**

Interwał gł. 1443.0–1724.0 m = ogniwo **Na2**

Interwał gł. 1724.0–1733.0 m = ogniwo **Na3a**

Interwał gł. 1733.0–1736.7 m = ogniwo **Na3t**

Interwał gł. 1736.7–1737.5 m = ogniwo **Na3a**

Interwał gł. 1737.5–1752.0 m = ogniwo **Na2**

Profil litostratygraficzny cechsztynu w otworze G-39 jest bardzo podobny do profilu otworu G-34 i stanowi jakby jego dopełnienie w odniesieniu do ogniw solnych cyklu PZ3 – pojawiają się w nim w środkowej części profilu wcześniej nieobecne ogniwa młodszej soli potasowej (K3) i młodszej soli kamiennej górnej (Na3b). W spągu przewierconej sukcesji natrafiono na ogniwo starszej soli kamiennej (Na2), co dowodzi, że utwory młodszych cykli (PZ3 i PZ4), wydzielone w badanych profilach są jedynie fragmentem jądra wielkiej struktury synklinalnej (fałdu obalonego?), głęboko wciśniętej w prześladowany wewnętrznie kompleks solny cyklu PZ2, obejmujący ogniwa: starszej soli kamiennej (Na2) wraz z serią przejściową (wydzielenie Na2+K2) i zapewne z ogniwem starszej soli potasowej (K2), stwierdzonym w innych otworach wiertniczych. W obrębie dwóch wystąpień ogniwa starszej

solu kamiennej (Na₂) możliwe było określenie kierunku stropu ogniwa. Podobnie jak w profilu otworu G-34 większość zarejestrowanych stref wtórnej soli typu kryształowego odnotowano w tym ogniwie, zaś jedynie dwie takie strefy – w wydzieleniu Na₂+K₂.

Należy zaznaczyć, że uzyskane dane bromowe są charakterystyczne dla pierwotnych chlorków powstałych na drodze ewaporacji wody morskiej. Odcinki serii solnych reprezentujące starszą sól kamienną (Na₂) odznaczają się dość niskimi i wyrównanymi zawartościami bromu – z reguły mieszczącymi się w granicach: 50–80 µg/g halitu, a więc właściwymi dla początkowych etapów wytrącania się chlorku sodu w procesie ewaporacji. Duży udział soli wielkokrystalicznej w obrębie ogniwa Na₂ wskazuje na znaczny stopień przekrystalizowania tych soli. Rekrystalizacja, która zachodziła w trakcie formowania się wysadu i zatarła pierwotne cechy sedymentacyjne osadu chlorkowego, musiała odbywać się prawie bez udziału fazy ciekłej, bądź w obecności solanek o poziomie koncentracji zbliżonym do solanek macierzystych (solanki inkluzyjne?), gdyż zawartość bromu w solach „kryształowych” nie różni się od zawartości tego pierwiastka w niezmienionych częściach ogniwa solnego. Brak w tej przebudowie struktury soli udziału ługów o innym składzie sugeruje przemiany w układzie hydrologicznie zamkniętym, bez dopływu innych wód/ługów spoza kompleksu solnego.

Zinterpretowane na podstawie zmian zawartości bromu kierunki stropu ogniwa starszej soli kamiennej (Na₂) umożliwiły wskazanie w profilach przypuszczalnej pozycji osi jego przeładowania (Fig. 5), powodującego wzrost miąższości ogniwa. W profilu otworu G-34 określono pozycję sześciu takich osi, zaś w profilu G-39 – trzech osi. Interesujące jest powiązanie wystąpień stref wtórnej soli typu kryształowego głównie ze skrzydłami przypuszczalnych fałdów. Możliwe, że właśnie w ich obrębie, w zluźnionym wskutek spękań tektonicznych kompleksie soli kamiennej następowała na dużą skalę swobodna migracja uwolnionych solanek inkluzyjnych

WNIOSKI

Prowadzenie kompleksowych badań utworów w wysadach solnych – przykładem jest zaprezentowane kompleksowe opracowanie rdzeni wiertniczych z wysadu solnego Góra – polega na łączeniu dwóch metod: szczegółowego rozpoznania makroskopowego (ewentualnie wspartego analizami mineralogicznymi) skał solnych, oraz badania składu chemicznego (analiza zawartości składników głównych oraz zawartości bromu). Badania takie umożliwiają zarówno określenie cech analizowanych skał solnych, jak i ustalenie sukcesji wiekowej wydzieleni litostratygraficznej w badanych profilach. Możliwe jest też wskazanie kierunku stropu solnych ogniw litostratygraficznych, wyjątkowo trudne w silnie zaburzonych ogniwach soli kamiennej o podobnym wykształceniu. Uzyskane dane pozwalają na dalszym etapie interpretacji odtworzyć szczegółową budowę wewnętrzną rozpoznanej części wysadu solnego (np. Czapowski *et al.* 2009).

Dysponowanie wiarygodną znajomością i modelem budowy wewnętrznej każdej struktury solnej, a szczególnie wysadowej, charakteryzującej się wyjątkowo skomplikowaną budową tektoniczną, jest warunkiem możliwości jej prawidłowego zagospodarowania. Oprócz aspektu poznawczego wiedza ta ma praktyczne zastosowanie, gdyż ustalenie przypuszczalnego położenia warstw solnych o różnych parametrach surowcowych i mechanicznych określa

lokalizację przyszłych wyrobisk górniczych w wysadzie oraz stwarza możliwość oceny wystąpienia zagrożeń wodnych bądź gazowych, towarzyszących często określonym typom skał (np. Burliga & Misiek 2007, Chełmiński *et al.* 2008).

Autorzy dziękują Prezesowi Zarządu Inowrocławskich Kopalń Soli SOLINO SA, panu Ryszardowi Orłowskiemu, za wyrażenie zgody na opublikowanie części wyników opracowania wykonanego w 2008 roku przez Państwowy Instytut Geologiczny na zlecenie IKS SOLINO SA.

LITERATURA

- Biernat H., 2005. *Dodatek nr 4 do dokumentacji geologicznej złoża soli kamiennej „Góra” kategoria rozpoznania C2+C1+B, gm. Inowrocław, woj. kujawsko-pomorskie, miejscowość: Góra, powiat: Inowrocław.* POLGEOL S.A., Warszawa, CAG Państwowy Instytut Geologiczny nr arch. 151/2005.
- Brańka S., Pisiewicz T., Juszczak W. & Lempart A., 2001. *Dodatek nr 2 do dokumentacji geologicznej złoża soli kamiennej „Góra” kategoria rozpoznania C2+C1+B, gm. Inowrocław, woj. kujawsko-pomorskie, miejscowość: Góra, powiat: Inowrocław.* OBRGSchem CHEMKOP, Kraków, CAG Państwowy Instytut Geologiczny nr arch. 271/2002.
- 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, 1, 73–90.
- Burliga S., Koyi H.A. & Krzywiec P., 2003. Decoupling of deformation between the basement and cover during normal- to reverse-slip movement on a basement fault; model results. *Proceedings of the 8th Meeting of the Czech Tectonic Studies Group/1st Meeting of the Central European Tectonics Group*, 24–27.04, Hrubá Skála, *Geolines – Papers in Earth Science*, 16, 20.
- Burliga S. & Misiek G., 2007. O możliwości prognozowania przebiegu stref zagrożeń gazowych i wodnych w złożach soli na przykładzie wysadu solnego Kłodawa. *Abstrakty XII Międzynarodowego Sympozjum Solnego Polskiego Stowarzyszenia Górnictwa Solnego pt. Przemysł solny w gospodarce*, Kłodawa 11–12.10.2007, 51–52.
- Chełmiński J., Tomaszczyk M., Słodkowski M., Czapowski G. & Misiek G., 2008. Zintegrowany system baz danych dla modelowania 3D budowy geologicznej złoża soli w celu rejestracji i prognozowania występowania zagrożeń wodnych na przykładzie kopalni soli Kłodawa w wysadzie kłódawskim (centralna Polska). *Gospodarka Surowcami Mineralnymi*, 24, 3/2, 185–195.
- Czapowski G., 1993. Facies characteristics and distribution of the Zechstein (Upper Permian) salt deposits of PZ3 (Leine) Cycle in Poland. *Bulletin of the Polish Academy of Sciences, Earth Sciences*, 41, 4, 229–237.
- Czapowski G., 1995. Salt facies of the Upper Permian. *XIII International Congress on Carboniferous-Permian, Guide to Excursion A*, 85–96.

- Czapowski G., Antonowicz L. & Peryt T., 1991. Facies and paleogeography of the Zechstein (Upper Permian) Older Halite (Na₂) in Poland. *Bulletin of the Polish Academy of Sciences, Earth Sciences*, 38, 1–4, 45–55.
- Czapowski G., Peryt T.M. & Antonowicz L., 1993. Facies and paleogeography of the Zechstein (Upper Permian) Oldest Halite (Na₁) in Poland. *Bulletin of the Polish Academy of Sciences, Earth Sciences*, 41, 4, 217–227.
- Czapowski G., Sadowski A., Misiek G. & Kolonko P., 2005. Możliwości niekonwencjonalnego wykorzystania waloarów przyrodniczych i technicznych kopalni soli Kłodawa. *Technika Poszukiwań Geologicznych, Geosynoptyka i Geotermia*, 234–235, 4–5, 35–47.
- Czapowski G., Tomassi-Morawiec H., Tadych J., Grzybowski Ł. & Szyrak T., 2009. Wykształcenie i tektonika utworów solnych cechsztynu w wysadzie solnym Góra koło Inowrocławia w świetle wyników kompleksowych badań geochemiczno-litologicznych w wybranych otworach wiertniczych. *Przegląd Geologiczny* (w druku).
- Dadlez R., 1997. Ogólne rysy tektoniczne bruzdy środkowopolskiej. W: Marek S. & Pajchłowa M. (red.), *Epikontynentalny perm i mezozoik w Polsce*, *Prace Państwowego Instytutu Geologicznego*, 153, 410–414.
- Dadlez R. (red.), 1998. *Mapa tektoniczna kompleksu cechsztyńsko-mezozoicznego na Nizinie Polskiej w skali 1:500 000*. Państwowy Instytut Geologiczny, Warszawa.
- Dadlez R. & Marek S., 1974. General Outline of the Tectonics of the Zechstein – Mesozoic Complex in Central and Northwestern Poland. *Biuletyn Instytutu Geologicznego*, 274, 11–140.
- Dadlez R., Marek S. & Pokorski J. (red.), 1998. *Atlas paleogeograficzny epikontynentalnego permu i mezozoiku w Polsce w skali 1:2 500 000*. Państwowy Instytut Geologiczny, Warszawa.
- Domagała J., 1982. *Dokumentacja geologiczna złoża soli kamiennej „Góra” k. Inowrocławia w kategorii rozpoznania B+C1+C2, miejscowość Góra, gmina Inowrocław, woj. Bydgoszcz*. OBRGSCHEM CHEMKOP, Kraków, CAG Państwowy Instytut Geologiczny nr arch. 3726/530.
- Figiel G., 1956. *Dokumentacja geologiczna złoża solnego w Górze, pow. Inowrocław w kategorii C2*. Zarząd Przemysłu Solnego, Inowrocław.
- Figiel G., 1960. *Dokumentacja geologiczna złoża solnego w Górze koło Inowrocław w kategorii C1*. Żupa Solna Inowrocław.
- Garlicki A., 1991. On some root structures of Zechstein salt deposits in Poland. *Zentralblatt für Geologie und Paläontologie*, 4, 1211–1222.
- Gientka M., Malon A. & Dyląg J. (red.), 2008. *Bilans zasobów kopalin i wód podziemnych w Polsce wg stanu na 31 XII 2007 r.* Warszawa.
- Karnkowski P.H., 2008. Regionalizacja tektoniczna Polski – Niż Polski. *Przegląd Geologiczny*, 65, 10, 895–903.
- Krzywiec P., 2004a. Triassic evolution of the Kłodawa salt structure: basement-controlled salt tectonics within the Mid-Polish Trough (central Poland). *Geological Quarterly*, 48, 2, 123–134.

- Krzywiec P., 2004b. Basement vs. salt tectonics within the Mid-Polish Trough (central Poland) and their influence on sedimentary systems – Triassic evolution of the Kłodawa salt structure. *Schriftenreihe der Deutschen Geologischen Gesellschaft „GeoLeipzig 2004”*, Leipzig, Germany, 29.09–01.10, 34, 259.
- Parecka K., 1994. *Dodatek nr 1 do dokumentacji geologicznej złoża soli kamiennej „Góra” kategoria rozpoznania C2+C1+B, gmina Inowrocław, woj. bydgoskie*. Przedsiębiorstwo Geologiczne POLGEOL, Warszawa, CAG Państwowy Instytut Geologiczny nr arch. 1017/94.
- Schramm M. & Bornemann O., 2004. Brom, efektywne narzędzie do badania kawern solnych. *IX Międzynarodowe Sympozjum Solne pt. Quo Vadis Sal, Polish Salt Mining Association*, Bochnia, Abstracts, 18–19.
- Schramm M., Bornemann O., Wilke F., Siemann M. & Dijk H.L., 2002. Bromine Analysis – A Powerful Tool to solve Stratigraphical Problems in Exploration Boreholes for Salt Caverns. *Technical Meeting Papers, SMRI, Fall 2002 Meeting*, Bad Ischl/Austria, Solution Mining Research Institute, Encinitas/USA.
- Schramm M., Bornemann O., Siemann M., Wilke F. & Geluk M., 2005. Correlation between bromine concentrations in halites and their stratigraphical position in Zechstein 2 salt deposits of North-West Europe. Abstracts of the contributions of the General Assembly of the European Geophysical Society, Vienna, Austria, 24–29.04.2005, *Geophysical Research Abstracts*, 7, 04552 (CD), 1, Wien.
- Tarka R., 1989. Thermal Polygons in the Zechstein Salt. *Bulletin of the Polish Academy of Sciences, Earth Sciences*, 37, 102, 57–61.
- Tarka R., 1991. The Tectonic Evolution of Polish Salt Diapirs. *Bulletin of the Polish Academy of Sciences, Earth Sciences*, 39, 1, 85–91.
- Tomassi-Morawiec H., 2003. Charakterystyka geochemiczna najstarszej soli kamiennej (Na1) w rejonie Zatoki Puckiej. *Przegląd Geologiczny*, 51, 8, 693–702.
- Tomassi-Morawiec H., 2006. Chemostratygrafia cechsztyńskich soli kamiennych w Polsce. *Przegląd Geologiczny*, 54, 4, 315–316.
- Tomassi-Morawiec H., Czapowski G., Bornemann O., Schramm M., Tadych J., Misiek G., Kolonko P. & Janiów S., 2007. Wzorcowe profile bromowe utworów solnych cechsztynu Polski: sole cyklu PZ2 (Z2) w kopalni soli Kłodawa. *Gospodarka Surowcami Mineralnymi (Przegląd Solny)*, 23, 1, 103–115.
- Tomassi-Morawiec H., Czapowski G. & Szttyrak T., 2008. *Opróbowanie geochemiczne rdzeni z utworów solnych cechsztynu w otworach wiertniczych G-34, G-39 i G-16 zlokalizowanych w KS i PMTiP „Góra”*. Inowrocławskie Kopalnie Soli SOLINO S.A., Inowrocław.
- Tomassi-Morawiec H., Czapowski G., Bornemann O., Schramm M. & Misiek G., 2009. Wzorcowe profile bromowe dla solnych utworów cechsztynu w Polsce. *Gospodarka Surowcami Mineralnymi* (w druku).
- Wagner R., 1994. Stratygrafia i rozwój basenu cechsztyńskiego na Niżu Polskim. *Prace Państwowego Instytutu Geologicznego*, 146, 1–71.

Summary

Macroscopic profiling of salt cores from 3 selected wells drilled in the Góra salt diapir (central Poland; Figs 1, 2) to the depth of 1750 m, supplemented with result data of bromine content analyses in halite rocks, enabled to characterize the macroscopic features (Figs 3, 4) of the distinguished salt units as well as define the vertical succession of lithostratigraphic unit of Zechstein (Upper Permian) in each studied profile (Fig. 5). Observed tendencies of bromine content increase, directing the position of the top of any salt lithostratigraphic unit, was used to locate the axes of megafolds within (Fig. 5). In observed almost homogenous salt series, mostly vertically oriented in cored profiles, only such geochemical data are the tool for better defining the pattern of tectonic deformation. In studied Older Halite (Na₂) unit 6 fold axes were distinguished in the G-34 profile and 3 ones in the G-39 section (Fig. 5). The occurrences of the secondary halite (of “crystal” type – Fig. 4) are mostly belonged to the limbs of megafolds (Fig. 5), because the highly cracked salt bodies there possibly favored – in conditions of tectonic stress – the rebuilding of primary salt structure to the secondary one. The constructed lithostratigraphic successions as these presented, accompanied with structural characteristic and interpreted tectonic pattern, could enable the interpretation of internal structure of the salt diapir, the knowledge of which is necessary for any mining activity.