

Badania koncentracji potasu i magnezu w solach kamiennych złoża Bochni

Tomasz Toboła*

Złoże badeńskiej soli kamiennej „Bochnia“ występuje u czoła nasunięcia fliszu karpackiego, ok. 30 km na wschód od Krakowa. W jego profilu litostratygraficznym wyróżnionych zostało 5 cyklotemów solnych, przy czym jedynie w trzech występują sole kamienne. Utwory te charakteryzują się dużym zróżnicowaniem petrologicznym oraz geochemicznym. Przeprowadzone badania koncentracji potasu i magnezu wykazały duże wahania obu pierwiastków, ich współwystępowanie i dużą zależność stężenia od obecności części nierozpuszczalnych w wodzie. Rozmieszczenie badanych pierwiastków w profilu litostratygraficznym złoża wskazuje na istnienie w trakcie sedymentacji kompleksu soli środkowych i północnych okresów o podwyższonych stężeniach potasu i magnezu w solance, odpowiadając przy tym wyższym koncentracjom bromu. Badania te dowodzą, że znaczny wpływ na stężenia pierwiastków w solankach, z których następowała krystalizacja soli kamiennych, mogły wywierać procesy adsorpcji i wymiany jonowej zachodzące podczas dostaw do zbiornika sedymentacyjnego znacznych ilości minerałów ilastych.

Słowa kluczowe: ewaporaty, geochemia, geologia złóż, zapadlisko przedkarpackie

Tomasz Toboła — **Study of potassium and magnesium contents in salt deposit Bochnia (southern Poland).** Prz. Geol., 48: 1163–1168.

Summary. The "Bochnia" salt deposit is situated at the front of the Carpathian overthrust, about 30 km east of Kraków. Its lithostratigraphy includes five evaporite cyclothem from which only three comprise the rock-salt. Petrological and geochemical character of the salt is highly diversified. Chemical analyses indicate the coexistence of potassium and magnesium, the significant variability in their concentrations and the strong dependence of concentrations on the presence of insoluble particles in waters. Distribution of potassium and magnesium in the lithostratigraphic succession indicates the existence of periods of increased concentration of the both elements in brine during deposition of the central and northern salt complexes. These periods correspond to the increased concentrations of bromine. The studies demonstrate that adsorption and ion exchange processes, active during the supply of large volume of clay minerals to the basin, strongly influenced concentrations of elements in the brines from which the rock-salt crystallized.

Key words: evaporites, geochemistry, geology of deposits, Carpathian foredeep

Złoże soli kamiennej Bochnia jest położone u brzegu nasunięcia karpackiego w strefie miocenu sfałdowanego. Podobnie jak złożo wielickie było eksploatowane od drugiej połowy XIII w. W chwili obecnej w wyniku wyczerpania zasobów eksploatacja została zaniechana, a wykonane wyrobiska górnicze służą jako obiekt muzealny oraz ze względu na korzystny mikroklimat są wykorzystywane do celów sanatoryjnych.

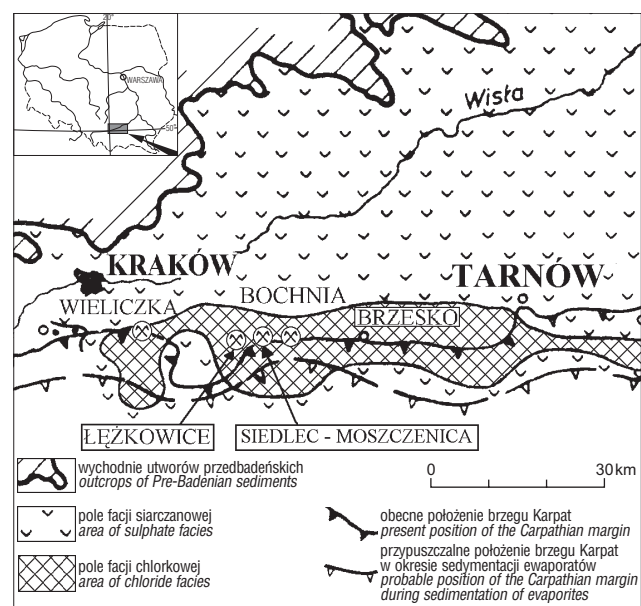
Budowa geologiczna złoża od dawna budziła zainteresowanie geologów. Pierwsze jej interpretacje przedstawili m.in. Kuhl (1930, 1932) oraz Windakiewicz (1926–1930). Dalsze szczegółowe prace prowadził Poborski (1952), dając obraz budowy geologicznej, który z niewielkimi uzupełnieniami pozostaje aktualny do chwili obecnej.

Zarys budowy geologicznej złoża

Złoże soli kamiennej Bochnia oraz Siedlec–Moszczenica i Łęzkowice (ryc. 1) tworzą ciągły pas o długości ok. 12 km (Garlicki, 1970, 1971a, b, 1979). Występują one w miocenie sfałdowanym, tj. allochtonicznym, charakteryzującym się skomplikowaną budową geologiczną.

W przekroju południe–północ przez okolice Bochni (ryc. 2) seria solna występuje w dwóch fałdach o jądrach zbudowanych z fliszu karpackiego (Poborski, 1952). W antyklinie południowej, zwanej „Uzborni“, ewaporaty są wykształcone jedynie w facji siarczanowej. Sole kamienne pojawiają się natomiast w fałdzie północnym, tj. „bocheńskim“.

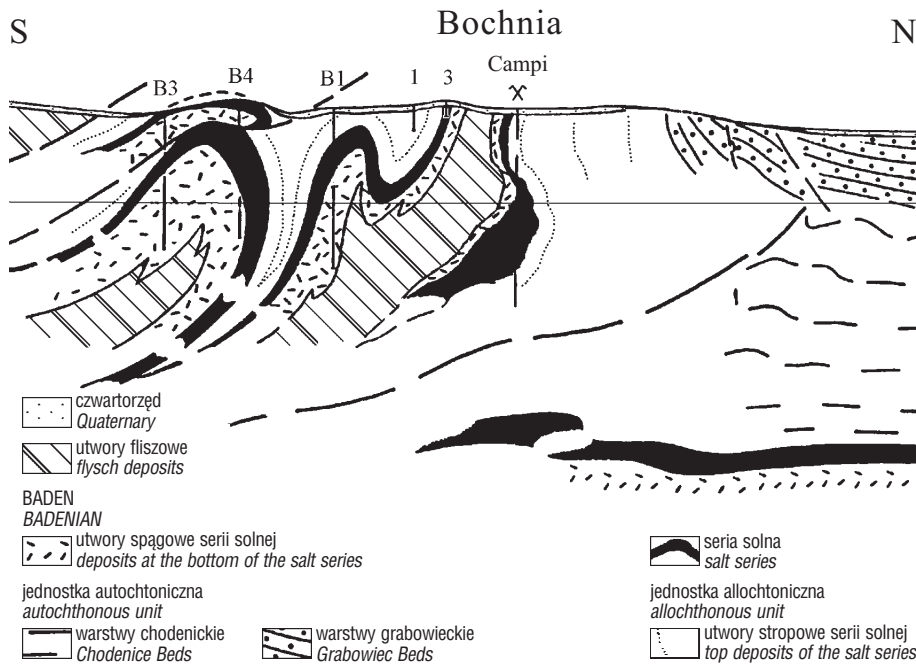
Za złożo soli kamiennych jest uznawane północne skrzydło antykliny bocheńskiej, gdzie głównie w wyniku tektonicznego wzbogacenia ewaporaty wykazują największą miąższość. W górnej części, do głęb. ok. 200 m, jest ono wąskie i ustawione niemal pionowo. Poniżej stopniowo rozszerza się i zapada pod kątem 30–40° na południe, osiągając największą szerokość w granicach 300–400 m (ryc. 2).



Ryc. 1. Zasięg i strefy facjalne badeńskich ewaporatów w zapadlisku przedkarpackim (wg Garlickiego, 1979)

Fig. 1. Distribution and facies zones of the Badenian evaporites in the Carpathian foreland (after Garlicki, 1979)

*Wydział Geologii, Geofizyki i Ochrony Środowiska, Akademia Górniczo-Hutnicza, al. Mickiewicza 30, 30-059 Kraków



Ryc. 2. Przekrój przez okolice Bochni (wg Garlickiego, 1968)

Fig. 2. Geological cross-section through Bochnia vicinity (after Garlicki, 1968)

W planie poziomym złożę rozciąga się w kierunku W–E osiągając szerokość ok. 200 m i długość ok. 3,5 km. W kierunku wschodnim wyklinowuje się, natomiast ku zachodowi przechodzi w złożę Siedlec–Moszczeni-ca.

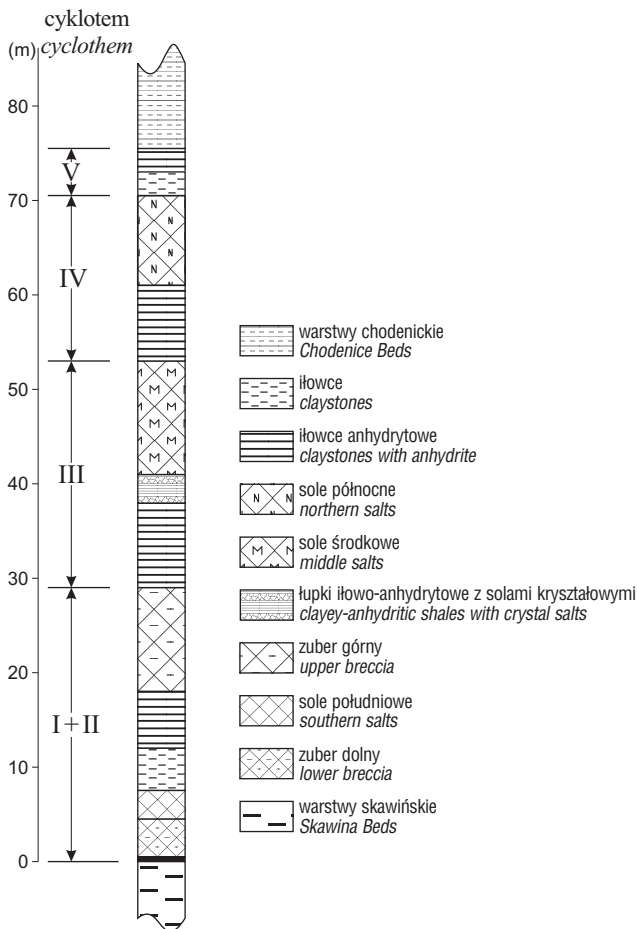
Tektonika wewnętrzna złoża jest bardzo skomplikowana. Warstwy solne są silnie zafałdowane i ściśnięte tworząc system fałdów wąskopromiennych o osiach ułożonych przeważnie równoległe do rozciągłości złoża. Często obserwowane są również wyci-

nięcia warstw solnych lub ich rozerwania tak, że poszczególne kompleksy solne pierwotnie rozdzielone przerostami płonnymi, mogą bezpośrednio kontaktować ze sobą. Stąd też pierwotna miąższość utworów solnych jest zmieniona, co w znacznym stopniu utrudniało ustalenie profilu litostratygraficznego złoża.

W obrębie profilu litostratygraficznego złoża wydzielonych zostało pięć cyklotemów solnych (ryc. 3), z których trzy zawierają ewaporaty wyższego rzędu, tj. wykształcone w facji chlorkowej (Garlicki, 1979; Poborski, 1952). Są to: zuber dolny przechodzący w sposób ciągły w sole południowe, zuber górny, sole środkowe oraz północne. Dwa najniższe cyklotemy obejmujące zuber dolny, sole południowe i zuber górny dla ułatwienia korelacji z obszarami sąsiednimi, zostały połączone w jedno wydzielenie (Garlicki, 1979). Ostatni, piąty cyklotem jest niepełny i wykształcony w facji siarczanowej.

Metodyka badań

Z kompleksów solnych złoża bocheńskiego łącznie pobrano 45 próbek. Opróbowanie przeprowadzono w miarę możliwości w równych odstępach, uwzględniając przy tym zmienność petrologiczną soli kamiennych. Trwającą od kilku lat likwidacja wyrobisk górniczych powoduje brak chodników z pełnym profilem stratygraficznym serii solnej. Dlatego też opróbowanie przeprowadzono w trzech wyrobiskach: poprzeczni „Tesch“ i komorę „Stajnia“ na poziomie V „Podmoście“ oraz chodnik obejściowy szybika „Tesch“ na poziomie C1 „August“. Pozwoliło to na odtworzenie pełnego profilu złoża. Dodatkowo w kilku punktach kopalni pobrano również 7 próbek z utworów żyłowych, tj. soli włóknistych oraz 9 próbek z odsłoneń soli środkowych w podłużni Podmoście, których lokalizacja w profilu pionowym złoża była niepewna. Pobrane próbki opracowano petrologicznie oraz oznaczono jon Cl⁻ metodą argenteome-



Ryc. 3. Profil litologiczny złoża soli kamiennej Bochnia (wg Poborskiego, 1952, z uzupełnieniami autora)

Fig. 3. Lithostratigraphic column of the Bochnia salt deposit (after Poborski, 1952, modified by the author)

Tab. 1. Zestawienie niektórych parametrów statystycznych dla zawartości potasu i magnezu w solach kamiennych złoża bocheńskiego

	Średnia		Mediana		O.S.		W.Z.	
	K	Mg	K	Mg	K	Mg	K	Mg
Sole północne	0,16	0,07	0,15	0,05	0,09	0,06	0,55	0,80
Sole środkowe	0,15	0,06	0,10	0,02	0,12	0,09	0,80	1,55
Zuber górny	0,42	0,35	0,24	0,37	0,39	0,26	0,93	0,74
Sole południowe	0,12	0,02	0,12	0,02	0,03	0,01	0,25	0,53
Sole włókniste	0,17	0,03	0,17	0,02	0,02	0,02	0,11	0,67

O.S. — odchylenie standardowe, W.Z. — współczynnik zmienności

tryczną. Potas i magnez oznaczono wraz z szeregiem innych pierwiastków, m.in. bromem, metodą ICP.

Rozkład potasu i magnezu w profilu litostratygraficznym złoża

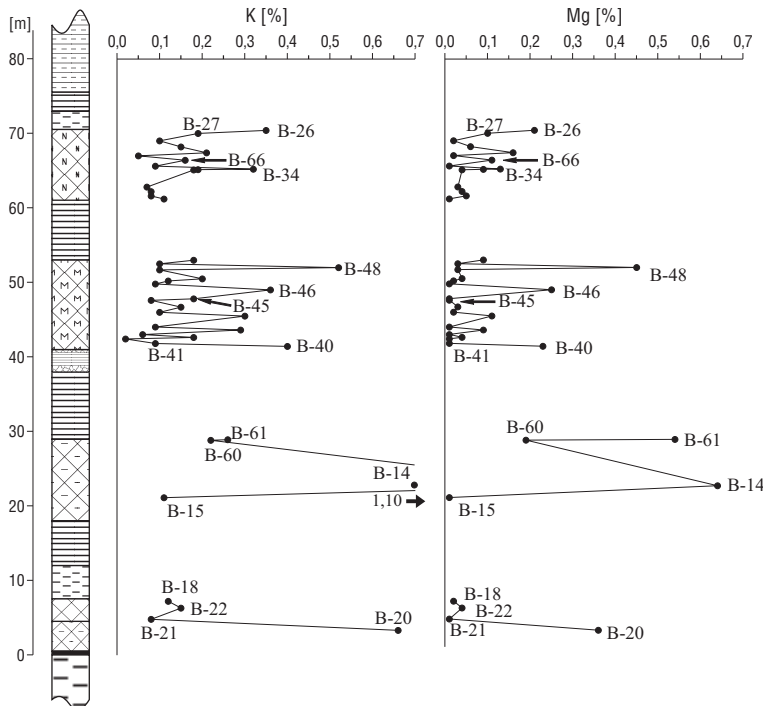
W solach kamiennych złoża bocheńskiego potas i magnez charakteryzują się dużą zmiennością koncentracji. Największe zróżnicowanie zaznacza się w dolnej części profilu, tj. w utworach zubru dolnego wraz z solami południowymi oraz zubru górnego (ryc. 4). Uzależnione jest ono głównie od wykształcenia litologicznego tych utworów. Najwyższe zawartości obu pierwiastków odnotowano dla próbek reprezentujących typowe utwory zubrowe (pr. B-20, B-14) o dużej zawartości części nierozpuszczalnych w wodzie (ryc. 4). W czystszych odmianach soli południowych (pr. B-18, B-21, B-22) koncentracja potasu zmienia się w granicach od 0,08% do 0,15%, a magnezu od 0,01% do 0,04% dając najniższe średnie wartości w całym profilu złoża (tab. 1). Podobnie w utworach zubru górnego próbki reprezentujące w niewielkim stopniu zanieczyszczone materiałem terygenicznym utwory, tj. gniazdo soli

kryształowej (pr. B-15) oraz pojedyncze, większe kryształy halitu (pr. B-60) wykazują niskie koncentracje. W przypadku bryły soli kremowoszarej (pr. B-60) zawartość potasu nie odbiega od powyżej wspomnianych (0,26%), lecz obserwuje się wyraźne wzbogacenie w magnez, który osiąga stężenie 0,54% (ryc. 4).

W wyższej części profilu, tj. w solach środkowych, koncentracja potasu i magnezu zmienia się w szerokich granicach od 0,01% do 0,52% dla potasu i do 0,45% dla magnezu. Pomimo, że występują one w zbliżonych zakresach wyraźnie różnią się pod względem średnich zawartości (tab. 1). Znacznie wyższą średnią wykazuje potas (0,15%), podczas gdy magnez osiąga jedynie 0,06%. W przypadku obu pierwiastków większość próbek wykazuje zawartość poniżej średniej, na co wskazują niskie wartości median (tab. 1). Utwory te charakteryzują się również dużym zróżnicowaniem koncentracji potasu i magnezu pomiędzy poszczególnymi próbkami, dając tym samym duże wartości odchylenia standardowego i współczynnika zmienności dla całego kompleksu.

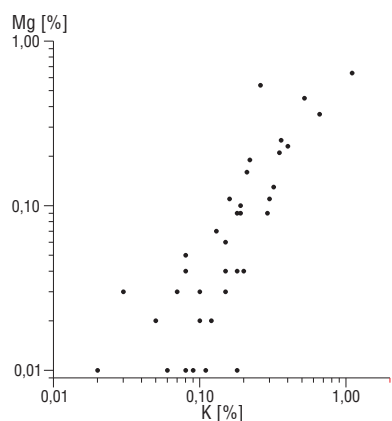
W profilu pionowym soli środkowych (ryc. 4), w jego najniższej części zaznacza się gwałtowny spadek koncentracji potasu od 0,4% dla próbki reprezentującej spąg kompleksu (pr. B-40) do 0,02%. Powyżej, oprócz dużych wahań, zaznacza się nieznaczny wzrost jego zawartości ku górze profilu. Podobnie koncentracja magnezu jest wysoka dla próbki reprezentującej spąg kompleksu, a następnie spada do 0,01%. Przeciwnie niż dla potasu rozkład tego pierwiastka w wyższej części profilu nie wykazuje tendencji wzrostowych, a jedynie dość znaczne wahania. Tendencja tego typu pojawia się dopiero w przystopowej części kompleksu (ryc. 4).

W solach północnych koncentracja potasu i magnezu zmienia się w węższych zakresach niż w solach środkowych, tj. od 0,05% do 0,35% dla potasu i od 0,02% do 0,21% dla magnezu. Ponadto zawartość tych pierwiastków w analizowanych próbkach wykazują mniejsze odchylenie od średnich, co wyraża się znacznie niższymi wartościami współczynnika zmienności niż w solach środkowych (tab. 1). Pomimo jednak znacznie niższych górnych granic zakresów występowania tych pierwiastków, sole północne wykazują wyższą średnią zawartość potasu i magnezu (tab. 1). Ponadto średnie te w odróżnieniu od soli środkowych w większym stopniu pokrywają się z wartościami odpowiadającymi im median.

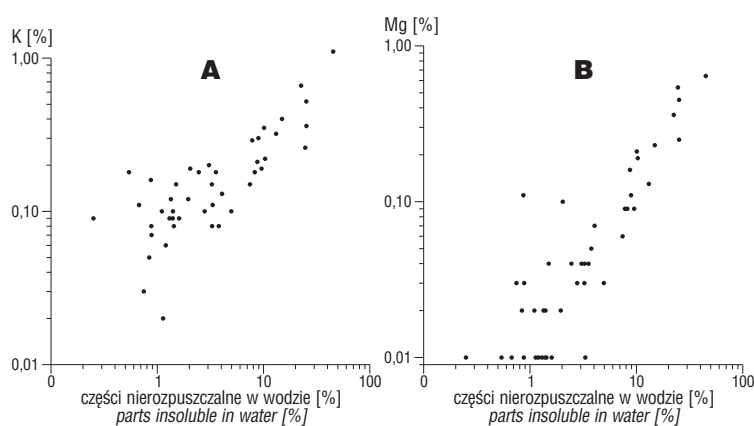


Ryc. 4. Rozmieszczenie potasu i magnezu w profilu złoża bocheńskiego; objaśnienia jak na ryc. 3

Fig. 4. Distribution of potassium and magnesium in profile of salt deposit Bochnia; explanation as in Fig. 3



Ryc. 5. Wykres zależności zawartości potasu i magnezu od potasu
Fig. 5. Diagram of potassium contents versus magnesium contents



Ryc. 6. Wykresy zależności zawartości części nierozpuszczalnych w wodzie od potasu (A) i magnezu (B)
Fig. 6. Diagram of contents parts insoluble in water versus contents of potassium (A) and magnesium (B)

Pod względem rozkładu koncentracji potasu i magnezu profil pionowy soli północnych można podzielić na dwie części (ryc. 4). Część dolną charakteryzują niewielkie wahania koncentracji obu pierwiastków i tendencja spadkowa ku górze profilu, szczególnie dobrze widoczna dla potasu. Górna część profilu wyróżnia się dużymi wahaniami koncentracji zarówno potasu, jak i magnezu. Dla obu pierwiastków nie obserwuje się wyraźnego trendu wzrostowego, jedynie w przystropowej części następuje gwałtowny wzrost tak, że maksymalne zawartości obu pierwiastków odnotowano dla próbki (B-26) reprezentującej strop (ryc. 4).

W złożu bocheńskim opróbowaniu poddano również typowe utwory wtórne, tj. sole włókniste. Podobnie jak w przypadku bromu (Toboła, 2000) utwory te charakteryzują się stosunkowo wysoką zawartością potasu w stosunku do soli pierwotnych, osiągając średnią koncentrację wyższą niż dla soli środkowych, północnych oraz czystych odmianach soli południowych (tab. 1). Wyraźnie wykazuje natomiast potas mniejszą zmienność w solach włóknistych niż w poszczególnych kompleksach solnych, dając tym samym małą wartość odchylenia standardowego i współczynnika zmienności (tab. 1). W przypadku magnezu wszystkie parametry statystyczne wykazują niższe wartości niż dla soli środkowych i północnych, natomiast nieznacznie wyższe niż dla czystych odmian soli południowych.

Interpretacja wyników

Podobnie jak brom, także potas i magnez mogą być wskaźnikami natężenia sedymentacji ewaporatywnej. W profilach pionowych warstw soli kamiennych obserwowany jest stopniowy wzrost ku górze koncentracji obu pierwiastków (Dean & Tung, 1974; Hite, 1974). Ich obecność oraz sposób rozmieszczenia w solach kamiennych interpretowany jest dwojako. Najczęściej zakłada się, że w znacznej części mogą one zastępować sól w halicie (Dean, 1978; Dean & Tung, 1974; Holser, 1979). Często też ich obecność jest wiązana z inkluzjami fluidalnymi (Hite, 1974).

W solach kamiennych złoża bocheńskiego słabo zaznaczającą się tendencją tego typu stwierdzono jedynie dla soli środkowych. Dotyczy ona potasu, natomiast w przypadku magnezu zaznacza się dopiero w górnej części profilu. Oba pierwiastki wykazują również gwałtowną tendencję wzrostową w przystropowej części profilu soli północnych (ryc. 4).

Z analizy rozmieszczenia potasu i magnezu w profilu złoża (ryc. 4) wynika także, że pierwiastki te wykazują wyraźną wzajemną zależność stężenia w próbkach. Wyższym koncentracjom potasu na ogół odpowiada wyższa zawartość magnezu. Szczególnie dobrze uwidacznia się to na rycinie 5, gdzie zależność przyjmuje charakter liniowy.

W analizowanych próbkach stwierdzono również zależność koncentracji obu pierwiastków od zawartości części nierozpuszczalnych w wodzie (ryc. 6). Zależność ta przyjmuje w przybliżeniu charakter liniowy, przy czym większe odchylenia od tego przebiegu obserwuje się dla niższej zawartości części nierozpuszczalnych w wodzie. Wskazuje to na to, że w próbkach o niewielkim udziale zanieczyszczeń terygenicznycych znaczna część potasu i magnezu może być związana z halitem, natomiast gdy ilość zanieczyszczeń wzrasta, pierwiastki te współwystępują głównie z minerałami ilastymi stanowiącymi podstawową masę substancji nierozpuszczalnych w wodzie. Pewien wpływ na otrzymane wyniki analiz wywarł skład chemiczny minerałów ilastych, w których potas wchodzi w skład struktury krystalicznej. Zdaniem autora główną rolę należy jednak przypisać procesowi adsorpcji, gdyż otrzymane wyniki są zbyt duże, aby można je uznać za wynikające ze składu chemicznego samych minerałów tworzących masę substancji nierozpuszczalnych w wodzie. Na znaczne związanie obu pierwiastków z substancją nierozpuszczalną w wodzie wskazuje również porównanie wyników z wcześniejszymi analizami chemicznymi (Garlicki & Wali, 1983) przeprowadzonymi metodą spektrofotometryczną. Wyniki analiz przeprowadzonych tą metodą są kilkukrotnie niższe niż przedstawione powyżej wyniki otrzymane metodą ICP. Wynika to z możliwości oznaczania pierwiastków silnie związanych z minerałami ilastymi lub z związkami koloidalnymi. Oznaczenie natomiast metodą ICP pozwala na pełniejsze określenie zawartości danego pierwiastka w całości próbki.

Ponieważ ilość substancji ulegającej adsorpcji wzrasta m.in. wraz ze wzrostem jej stężenia w roztworze, dlatego należałoby się spodziewać, że stosunek koncentracji potasu

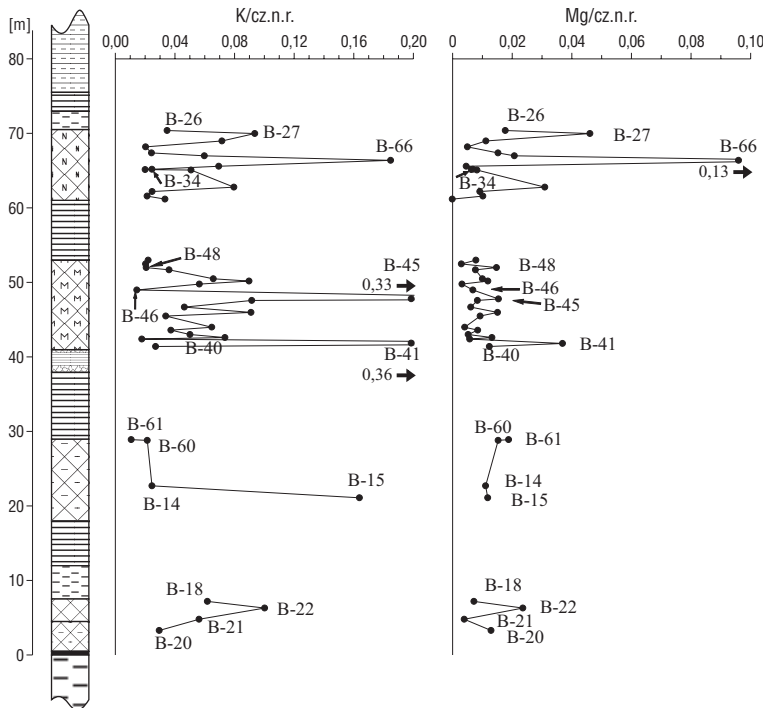
su lub magnezu do części nierozpuszczalnych w wodzie będzie wzrastał wraz ze stopniem natężenia sedimentacji ewaporatowej, kiedy w roztworze następuje wzrost stęże-

nia potasu i magnezu. Podobnie wzrost stężenia obu pierwiastków w roztworze powinny odzwierciedlać się wzrostem ich stężenia w halicie, zarówno w wyniku zastępowania jonu sodu, jak i wyższych jego stężeniach w inkluzjach fluidalnych, dając tym samym wzrost stosunku obu pierwiastków do jonu chloru. W pierwszym przypadku, tj. stosunku zawartości danego pierwiastka do części nierozpuszczalnych w wodzie (ryc. 7), w dolnej części profilu złoża wyraźną tendencję wzrostową obserwuje się w zubrze dolnym i solach południowych dla potasu, a znacznie słabszą dla magnezu. W zubrze górnym stosunek dla obu pierwiastków jest stały, a jedynie w próbce reprezentującej gniazdo soli kryształowej (pr. B-15) wyraźnie wyższy dla potasu. W górnej części profilu złoża tendencja wzrostowa stosunku potasu do części nierozpuszczalnych w wodzie zaznacza się w dolnej części profilu soli środkowych do próbki B-45, natomiast powyżej obserwuje się jego spadek. Dla magnezu stosunek ten w górę profilu ulega niewielkim w porównaniu z potasem wahaniom oraz słabo zarysowującym się trendem spadkowym (ryc. 7). W solach północnych stosunek obu pierwiastków do części nierozpuszczalnych w wodzie ulega znacznym wahaniom i niewielkiemu wzrostowi w górę profilu, przy czym wyraźniej zaznacza się on dla magnezu.

W drugim przypadku, tj. stosunkowi koncentracji obu pierwiastków do zawartości chloru w próbkach (ryc. 8), jego rozkład w profilu złoża w znacznej mierze przypomina rozkład potasu i magnezu (ryc. 4). W górnej części profilu, tj. w solach środkowych i północnych, wyraźnie podwyższoną relacją potasu i magnezu do chloru charakteryzuje się 5 próbek (B-40, B-46, B-48, B-34, B-26). Podobnie na rycinie 7 wyraźnie wyższy stosunek potasu lub magnezu do części nierozpuszczalnych w wodzie wykazują cztery próbki (B-41, B-45, B-66, B-27).

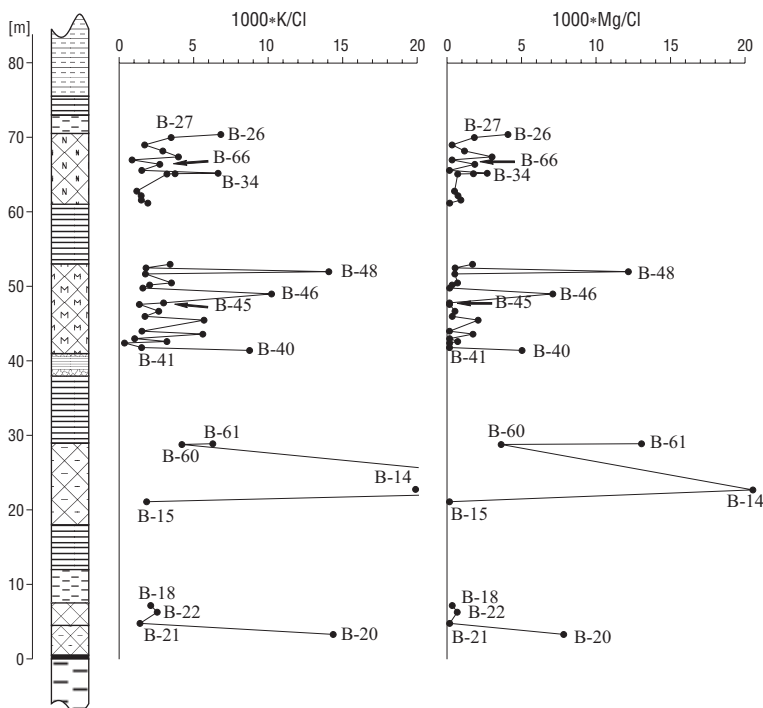
Porównując oba wykresy można zaobserwować, że wyżej wymienione próbki w profilu złoża bezpośrednio sąsiadują ze sobą parami, tzn. próbka odznaczająca się podwyższonym stosunkiem potasu i magnezu do chloru (np. B-40) jest zlokalizowana bezpośrednio przy próbce charakteryzującej się wysokim stosunkiem jednego z omawianych pierwiastków do części nierozpuszczalnych w wodzie (np. B-41). Na uwagę zasługuje także próbka B-48 (ryc. 4, 8), dla której brak jest odpowiadającej jej próbki o podwyższonym stosunku obu pierwiastków do części nierozpuszczalnych w wodzie (ryc. 7). Wyróżnia się ona od pozostałych próbek najwyższą koncentracją bromu (Toboła, 2000) oraz wysoką zawartością innych pierwiastków (Toboła, 1999).

Występowanie tego rodzaju gwałtownych zmian w proporcji potasu i magnezu do części nierozpuszczalnych w wodzie, jak i do zawartości chloru a zarazem halitu, wskazuje na istnie-



Ryc. 7. Rozmieszczenie w profilu złoża bocheńskiego stosunku potasu i magnezu do części nierozpuszczalnych w wodzie (cz.n.r.); objaśnienia jak na ryc. 3

Fig. 7. Distribution of potassium and magnesium vs. parts insoluble in water (cz.n.r.) within column of Bochnia salt deposit; explanation as in Fig. 3



Ryc. 8. Rozmieszczenie w profilu złoża bocheńskiego stosunku potasu i magnezu do zawartości chloru; objaśnienia jak na ryc. 3

Fig. 8. Distribution of potassium and magnesium vs. contents of chlorine within column of Bochnia salt deposit; explanation as in Fig. 3

nie okresów w historii rozwoju basenu sedymentacyjnego, w których skład chemiczny solanek wyraźnie odbiegał od przeciętnego składu chemicznego morza bałeńskiego. Ponadto potwierdzają to także badania koncentracji bromu (Toboła, 2000). Próbkę o podwyższonej koncentracji tego pierwiastka charakteryzują się dużą wartością stosunku potasu i magnezu do części nierozpuszczalnych w wodzie lub do chloru.

Uwagi końcowe

Przeprowadzone badania koncentracji potasu i magnezu w bałeńskich solach kamiennych złoża bocheńskiego wykazały przede wszystkim, że pierwiastki te charakteryzują się dużymi wahaniami stężeń, a ich zawartość w próbkach uzależniona jest w znacznej mierze od obecności domieszek terygenicnych, głównie minerałów ilastych. Brak tendencji wzrostowej ich koncentracji lub słabe jej zaznaczanie się ku górze profili kompleksów solnych, wskazuje na utrzymywanie się stężenia solanek pod względem zawartości potasu i magnezu na ogólnie stałym poziomie podczas krystalizacji soli kamiennych. Od tego poziomu istniały jednak znaczne odchylenia mające swoje odzwierciedlenie w zmienności koncentracji obu pierwiastków w próbkach, jak również w obliczonych ich stosunkach do części nierozpuszczalnych w wodzie i do chloru. Szczególnie w dwóch ostatnich przypadkach uwidacznia się istnienie okresów o zwiększonej koncentracji potasu i magnezu. Anomalie te ponadto bardzo dobrze korelują się z podwyższonymi koncentracjami bromu (Toboła, 2000).

Zmienność zawartości potasu i magnezu mogła być wywołana przez dopływy solanek pochodzących z rozpuszczania starszych formacji solonośnych. Dopływy te powodowały również zmiany proporcji pomiędzy poszczególnymi jonami w morzu bałeńskim, stąd też obserwuje się stosunkowo niskie koncentracje bromu (Bukowski, 1997; Toboła, 2000) przy stosunkowo wysokich koncentracjach potasu i magnezu. Na odmienny skład chemiczny wskazują również badania inkluzji ciekłych w halicie (Galamay i in., 1997; Kowalewicz, 1994; Kovalevich, 1997, Kovalevich & Petrichenko, 1997; Veigas i in., 1997).

Zasadniczy wpływ na koncentracje i rozkład w profilu potasu i magnezu wywierały także dopływy słodkich wód lądowych znoszące znaczną ilość materiału terygenicznego. Miały one zapewne charakter okresowych gwałtownych wtargnięć, co przy stosunkowo niewielkiej objętości solanek powodowało duże wahania obu pierwiastków.

Zdaniem autora oprócz rozcieńczającego charakteru tych dopływów, dostawa materiału ilastego powodowała dalsze zmiany w proporcjach jonów. Wiązać to należy z procesami wymiany jonowej oraz adsorpcji, jakie zachodziły w momencie, gdy dochodziło do kontaktu pomiędzy dostarczonym materiałem ilastym a stężoną solanką w basenie sedymentacyjnym. Procesy te wywarły istotny wpływ na proporcje poszczególnych jonów, gdyż w przeprowadzonych analizach potas wykazuje znacznie wyższe stężenia niż magnez. W badaniach nad składem chemicznym inkluzji (Galamay i in., 1997; Kowalewicz, 1994;

Kovalevich, 1997; Kovalevich & Petrichenko, 1997; Veigas i in., 1997) obserwuje się odwrotne proporcje, czyli przewagę stężenia magnezu nad potasem. Procesy te zatem powodowały znaczne zubożenie solanek głównie w potas.

Badania przeprowadzono w ramach prac statutowych finansowanych przez KBN umowa nr 11.11.140.258.

Literatura

- BUKOWSKI K. 1997 — Zawartość bromu w solach kamiennych Bochni. *Prz. Geol.*, 45: 819–821.
- DEAN W. E. 1978 — Trace and minor elements in evaporites. *SEPM Short Course No. 4*, 86–104.
- DEAN W. E. & TUNG A. L. 1974 — Trace and minor elements variations in anhydrite and halite, Supai Formation (Permian), East-Central Arizona. [In:] A. H. Coogan (ed.), *Fourth Symposium on Salt*. Northern Ohio, Geol. Soc., Cleveland, 1: 287–301.
- GALAMAY A. R., BUKOWSKI K. & PRZYBYŁO J. 1997 — Chemical composition and origin of brines in the Badenian evaporite basin of the Carpathian Foredeep: fluid inclusion data from Wieliczka (Poland). *Slovak Geol. Mag.*, 3: 165–171.
- GARLICKI A. 1970 — Złoże soli kamiennej Moszczenica–Łapczyca na zachód od Bochni. *Kwart. Geol.*, 14: 350–360.
- GARLICKI A. 1971a — Tektonika wewnętrzna złoża solnego w Łęzkowicach. *Kwart. Geol.*, 15: 726–727.
- GARLICKI A. 1971b — Złoże soli kamiennej w Łęzkowicach nad Rabą. *Kwart. Geol.*, 15: 930–946.
- GARLICKI A. 1979 — Sedymentacja soli mioceńskich w Polsce. *Pr. Geol. PAN*, 119: 1–67.
- GARLICKI A. & WALI A. M. A. 1983 — Geochemical Characteristics of the Bochnia Evaporites Member, with New Aspects in Br/Cl Ratio Determination. *Miner. Pol.*, 12: 25–47.
- HITE R. J. 1974 — Evaporite deposits of the Khorat Plateau, Northeastern Thailand. [In:] A. H. Coogan (ed.), *Fourth Symposium on Salt*. Northern Ohio, Geol. Soc., Cleveland, 1: 135–146.
- HOLSER W. T. 1979 — Trace elements and isotopes in evaporites. [In:] *Marine minerals*. Short Course Notes. *Miner. Soc. Amer.*, 6, November 1979: 295–346.
- KOVALEVICH V. M. 1997 — Inkluzje fluidalne w soli kamiennej z Bochni. *Prz. Geol.*, 45: 822–825.
- KOVALEVICH V. M. & PETRICHENKO O. I. 1997 — Chemical composition of brines in Miocene evaporite basins of the Carpathian region. *Slovak Geol. Mag.*, 3: 173–180.
- Kowalewicz W. M. 1994 — Warunki powstania soli mioceńskich ukraińskiego Przedkarpacia w świetle badań inkluzji. *Prz. Geol.*, 42: 738–743.
- KUHL J. 1930 — Sprawozdanie z badań geologiczno-petrograficznych kopalni soli w Bochni, wykonanych w r. 1929. *Pos. Nauk. Państw. Inst. Geol.*, 26: 15–19.
- KUHL J. 1932 — Zarys budowy geologicznej złóż soli kamiennej w Bochni i Wieliczce. *Prz. Gór.-Hutn.*, 24: 514–516.
- POBORSKI J. 1952 — Złoże solne Bochni na tle geologicznym okolicy. *Biul. Inst. Geol.*, 78: 1–160.
- TOBOŁA T. 1999 — Petrologiczna i geochemiczna charakterystyka soli mioceńskich w Polsce. *Arch. Zakł. Złóż Rud i Soli AGH*.
- TOBOŁA T. 2000 — Badania koncentracji bromu w solach kamiennych złoża bocheńskiego. *Prz. Geol.*, 48: 688–693.
- VEIGAS J. G., ROSSEL L. & GARLICKI A. 1997 — Petrology and geochemistry (fluid inclusions) of Miocene halite rock salts (Badenian, Poland). *Slovak Geol. Mag.*, 3: 181–186.
- WINDAKIEWICZ E. 1926–1930 — Solnictwo. Cz. I–IV. Skład Główny w Księgarni Jagiellońskiej. Kraków.