



Złoża soli kamiennej w prowincji Alberta, Zachodnia Kanada

Rock Salt Deposits in Province of Alberta, Western Canada

Piotr KUKIAŁKA

Kukialka Consulting Ltd., 207 Glamorgan Pl SW, Calgary, AB T3E 5B9, Kanada; piotr_kukialka@hotmail.com

STRESZCZENIE

W prowincji Alberta w zachodniej Kanadzie występują trzy formacje solonośne: Lotsberg (Dolny i Górny), Cold Lake i Prairie Evaporite. Wchodzą one w skład dewońskiego basenu solonośnego Elk Point Group będącego częścią dużego basenu sedymentacyjnego zachodniej Kanady. Sole kamienne występujące w formacjach Lotsberg i Cold Lake są mocno zmienione diagenetycznie i zawierają bardzo niskie zawartości bromu. W związku z gwałtownie rosnącą eksploatacją węglowodorów, a w szczególności ciężkiej ropy z piasków roponośnych formacje solonośne Lotsberg i Prairie Evaporite mają coraz większe znaczenie gospodarcze i wykorzystywane są do lokalizacji kawern magazynowych oraz kawern do utylizacji odpadów poprodukcyjnych.

Słowa kluczowe: formacje solonośne zachodniej Kanady, kawerny magazynowe, Lotsber fm., Praire fm., Cold Lake fm.

ABSTRACT

In Province of Alberta, in Western Canada there are three salt units: the Lower Lotsberg, the Upper Lotsberg, the Cold Lake and the Prairie Evaporite Formation. All these units are contained within the Devonian Elk Point Group that is part of The Western Canada Sedimentary Basin. Lotsberg and Cold Lake salts are diagenetically modified and contain very low bromide content. Only Lotsberg and Prairie Evaporite Formations have commercial thickness and they are more and more used for salt cavern location, both storage and disposal.

Key words: Western Canadian salt formations, storage cavern, Lotsber fm., Praire fm., Cold Lake fm.

WSTĘP

Jednym z głównych filarów gospodarki Kanady jest wydobycie ropy naftowej. Największe złoża tego surowca znajdują

się w prowincji Alberta w zachodniej Kanadzie. Sąsiadująca z nią od wschodu prowincja Saskatchewan słynie zaś z produkcji soli potasowo-magnezowych, używanych jako nawóz w rolnictwie. Te same złoża soli, tak bogate w sole K-Mg w Saskatchewan, ciągną się dalej na zachód, ale tracą swoje najważniejsze składniki i są zbudowane praktycznie całkowicie z soli kamiennej. Jest to jeden z głównych powodów, dlaczego do niedawna praktycznie nie miały znaczenia gospodarczego. Ta sytuacja coraz szybciej ulega zmianie i złoża soli kamiennej zyskują coraz bardziej na znaczeniu, ale to już nie ma nic wspólnego z rolnictwem, a jest związane z główną gałęzią gospodarki Alberta - przemysłem naftowym. Złoża te są nierównomiernie rozpoznane. Najlepiej udokumentowane są rejony, w których eksploatowane są węglowodory oraz rejon Edmonton w którym znajdują się jedyne w Albercie rafinerie oraz zakłady chemiczne.

ZARYS BUDOWY GEOLOGICZNEJ

Sole kamienne występujące w prowincji Alberta wchodzą w skład The Western Canada Sedimentary Basin (Meijer-Drees, 1994). Basen ten zbudowany jest generalnie z niezaburzonych tektonicznie fanerozoicznych skał osadowych zalegających bezpośrednio na prekambryjskim podłożu (Grobe, 2002). Maksymalna miąższość tych utworów w południowo-zachodniej części przekracza 6000 m. Pod względem litologicznym osady te można podzielić na dwie grupy:

Grupa 1 – od paleozoiku do dolnej jury, głównie osady węglanowe.

Grupa 2 – od środkowej jury do paleocenu, głównie osady klastyczne.

W Albercie utwory solonośne występują w dwóch formacjach: dolnym i górnym dewonie. Razem tworzą one formację zwaną Elk Point Group (Ryc. 1). Jest ona podzielona na dwie części dolną i górną (Hamilton, 1971). W centralnej Albercie utwory dolnej części Elk Point Group zbudowane są

(w spągu) z czerwonych łupków zalegających bezpośrednio na prekambrze, niemających oficjalnej nazwy i potocznie nazywanych Basal Red Beds (Glass, 1997) oraz z zalegającymi bezpośrednio na nich formacjami: Lotsberg, Ernestina Lake, Cold Lake i Contact Rapids (Ryc. 1). Z tych formacji jedynie w formacji Lotsberg oraz Cold Lake występuje sól kamienna.

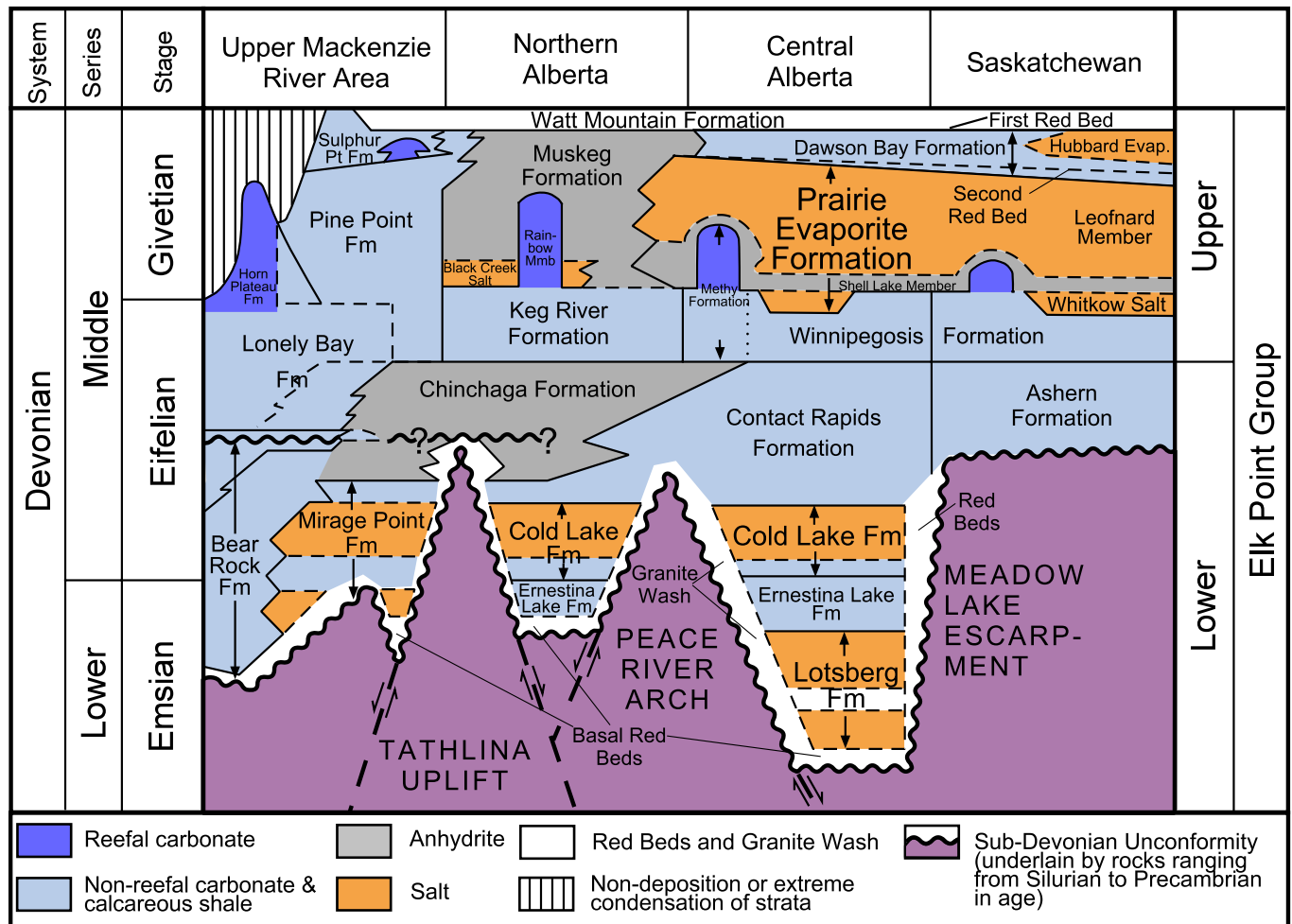
Górna część Elk Point Group rozpoczyna się od bogatych w skamieniałości węglanów Winnipegosis, która w kierunku północnym przechodzi w osady formacji Keg River. Nad węglanami zalega najgrubsza formacja solonośna Prairie Evaporite przechodząca w kierunku północnym w Muskega. Nad nią zalega węglanowa Dawson Bay Formation. Ostatnią formacją należącą do Górnej Elk Point Group jest Watt Mountain. Budują ją charakterystyczne wymieszane czerwone i zielone łupki, piaskowce, anhydryt, dolomit i wapień (Ryc. 1).

HISTORIA BADAŃ I STAN OBECNY

Pierwsze informacje na temat występowania soli kamiennych w Albercie zostały opublikowane w 1915 roku (Hamilton, 1971). Wspominał on o odkryciu soli kamiennej w dwóch otworach wywierconych w okolicach Fort McMurray w latach 1907-1912. Przez następne ponad 30 lat był to

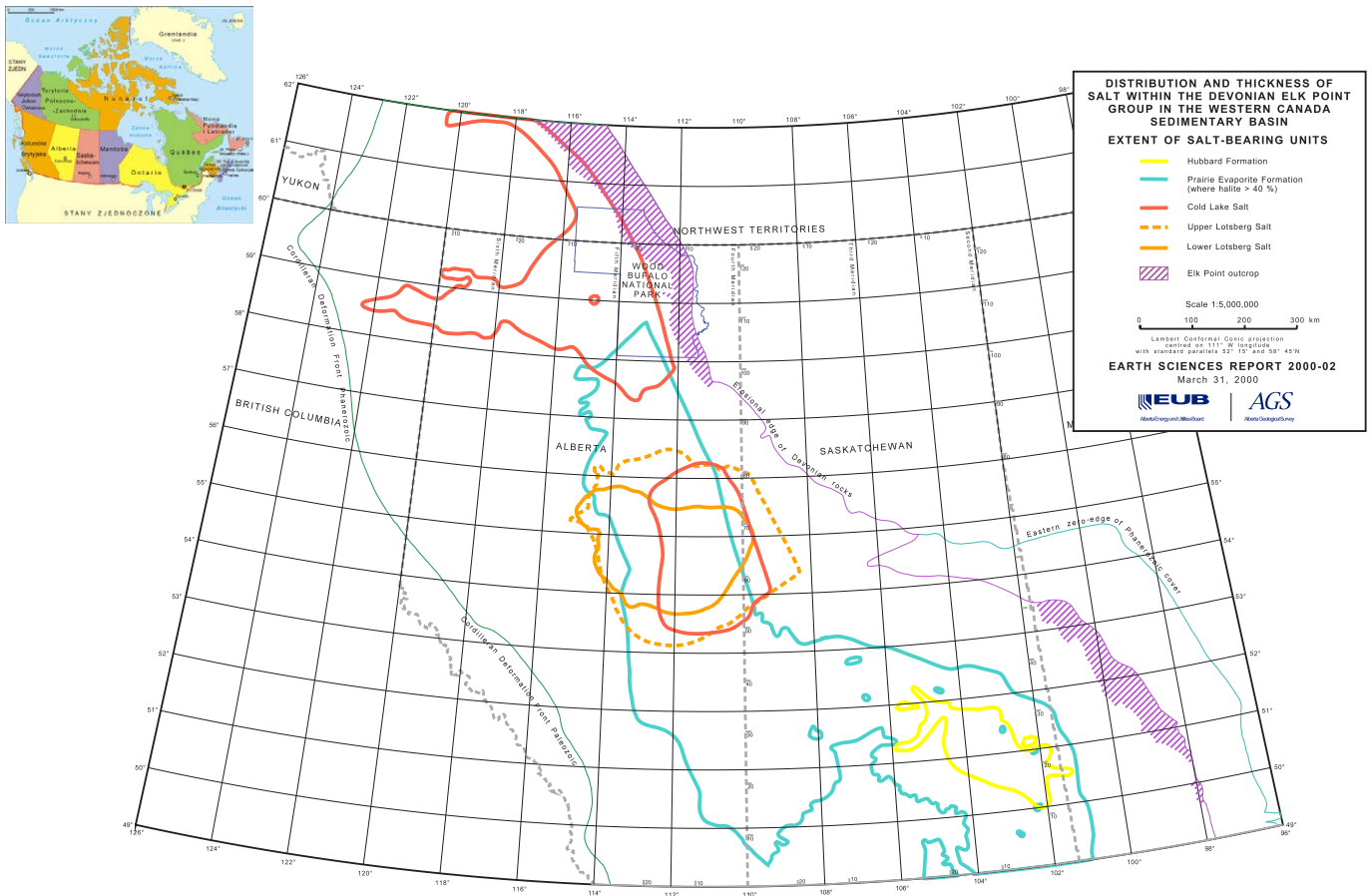
jedyny znany rejon występowania soli kamiennej w Albercie. W roku 1944 rozpoczęły się poszukiwania ropy naftowej. Przy okazji rozpoczęto dokumentowanie złóż soli kamiennych. W chwili obecnej, zasięg jej występowania jest dość dobrze rozpoznany (Ryc. 2). Odrębną kwestię stanowi rozpoznanie jakościowe złóż soli kamiennej. Większość informacji na jej temat oparta jest na badaniach sejsmicznych, geofizyce otworowej, zwiercinach uzyskanych podczas wierceń bezrdzeniowych oraz w najmniejszym stopniu na podstawie pozyskanych rdzeni. Najlepiej rozpoznane są rejony w których zlokalizowane są kawerny magazynowe, ze szczególnym uwzględnieniem rejonu Fort Saskatchewan. Ze względu na wysoki koszt pozyskania rdzeni, do niedawna firmy komercyjne starały się tego unikać i generalnie, rdzeniowane były otwory tylko w nieprzebadanych dotychczas rejonach i do tego często, rdzenie były pobierane w krótkich interwałach nie obejmujących całego profilu serii solnej. Na przestrzeni ostatnich kilku lat, wprowadzone zostały nowe dyrektywy dotyczące budowy kawern magazynowych. Obecnie wymagane jest częstsze pobieranie rdzenia.

W Albercie, w każdym nowo wywierconym otworze musi zostać przeprowadzony standardowy pakiet badań geofizycz-



Ryc. 1. Tabela stratygraficzna Devonian Elk Point Group (Grobe, 2002).

Fig. 1. Stratigraphic position of the Devonian Elk Point Group (Grobe, 2002).



Ryc. 2. Mapa zasięgu występowania dewonskich złóż soli w zachodniej Kanadzie (Grobe, 2002),

Fig. 2. Distribution of salt within the Devonian Elk Point Group in the Western Canada Sedimentary Basin (Grobe, 2002).

nych. W skład tego pakietu wchodzi między innymi pomiary takie jak:

- profilowanie średnicy,
- profilowanie gamma,
- profilowanie gęstościowe gamma-gamma,
- profilowanie neutron-neutron,
- profilowanie Pe.

Dane te pozwalają na identyfikację pokładów soli kamiennych, określenie dokładnych głębokości zalegania, obecności soli potasowo-magnezowych oraz określenie składu mineralogicznego. Strop i spąg soli kamiennej najlepiej widoczne są na krzywych profilowania gamma oraz profilowania gęstościowego gamma-gamma (Ryc. 3 i 4). Dodatkowo w formacji Prairie Evaporite czasami wykonywane są dodatkowe badania spektrometrem gamma, w których promieniowanie gamma rozdzielone jest na promieniowanie wywołane obecnością potasu, uranu i toru. Ze względu na rozdzielczość sond geofizycznych, dość trudne jest jednak dokładne sprecyzowanie rozmieszczenia oraz form w jakiej występują minerały nierozpuszczalne np. odróżnienia lamin od kongrecji anhydrytu.

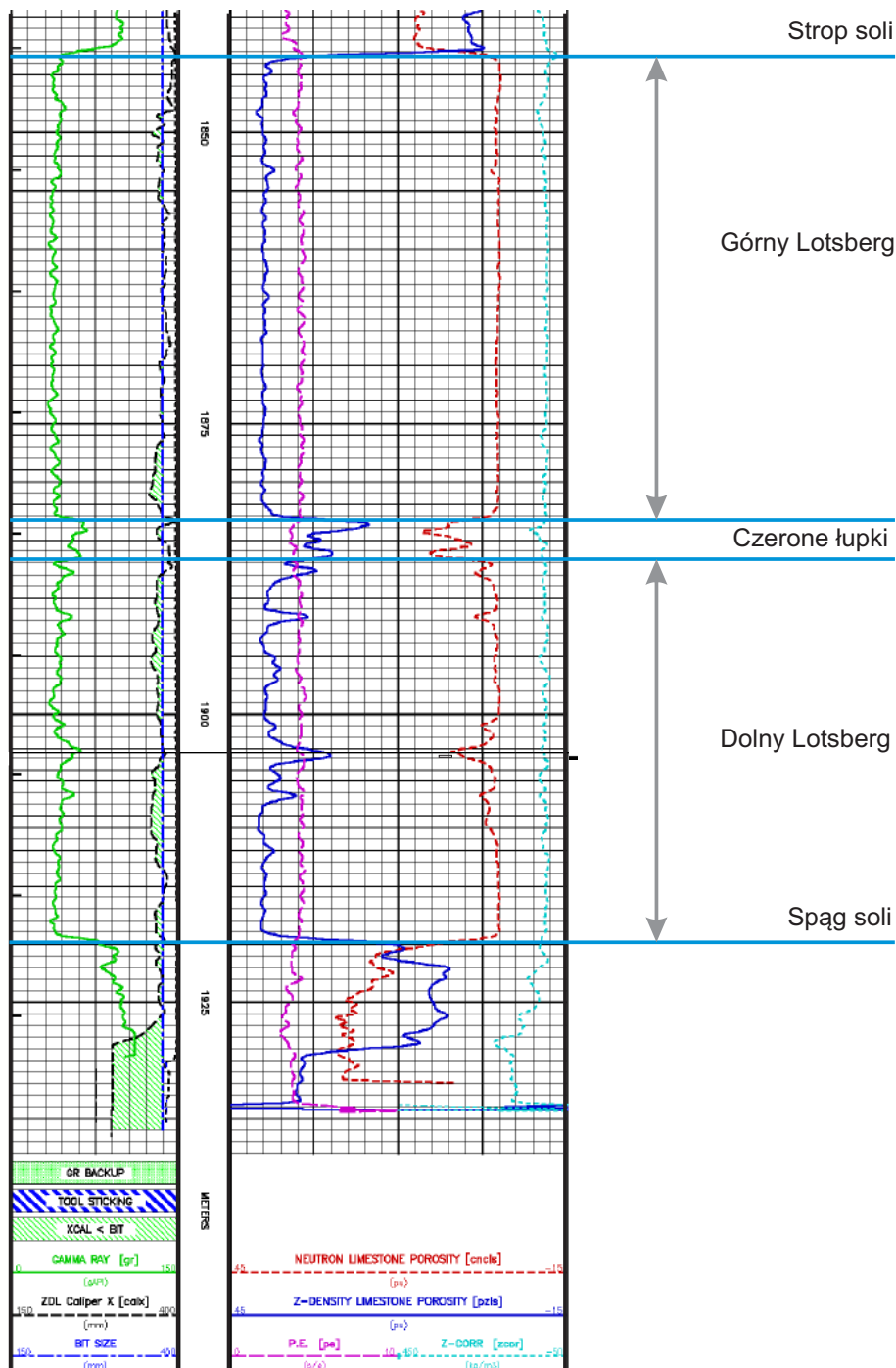
Ze względu na marginalne do tej pory znaczenie ekonomiczne złóż soli kamiennej w Albercie, nie były do tej pory przeprowadzane jej kompleksowe badania. W latach 60-tych XX wieku zostały przeprowadzone bardzo ciekawe badania

nad zawartością bromu w utworach solonośnych Alberta (Holser, Wardlaw, Watson, 1972). Wykazały one zaskakująco niską zawartość tego pierwiastka w solach kamiennych formacji Lotsberg i Cold Lake, typową dla drugiego, a nawet trzeciego cyklu rekryształizacji soli kamiennej (Ryc. 5). Sole kamienne Prairie Evaporite wykazują już typową dla pierwotnych soli zawartość bromu. W ostatnim okresie przeprowadzono badania petrograficzne części stropowej Górnego Lotsbergu, które wykazały bardzo charakterystyczne paragenezy minerałów (Toboła, 2015)

FORMACJE SOLONOŚNE ALBERTY

a. Dolny Lotsberg

Złoże to zalega zgodnie i rozciąga się w Środkowej Albercie w kierunku wschodnim od centrum, aż po granice prowincji Saskatchewan (Ryc. 2). Maksymalna miąższość została stwierdzona w części centralnej i wynosi ponad 60 m. Sól ta wykazuje duże zmiany diagenetyczne. Charakteryzuje się strukturą wielokrystaliczną oraz bardzo niską zawartością części nierozpuszczalnych (Ryc. 6). Obecne są przede wszystkim ilowce przy równoczesnym braku siarczanów oraz soli potasowo-magnezowych. W celu zobrazowania budowy geologicznej Lotsbergu przedstawiony został log geofizyczny z otworu zlokalizowanego około 30 km na północ od Ed-



Ryc. 3. Przykład kompleksowej interpretacji soli kamiennej Lotsberg.

Fig. 3. Example of open whole logs in the Lotsbeg salt.

monton w rejonie miejscowości Fort Saskatchewan (Ryc. 3). Spąg dolnego Lotsbergu znajduje się na głębokości 1919,8 m, poniżej którego znajdują się charakterystyczne czerwone ilowce węglanowe.

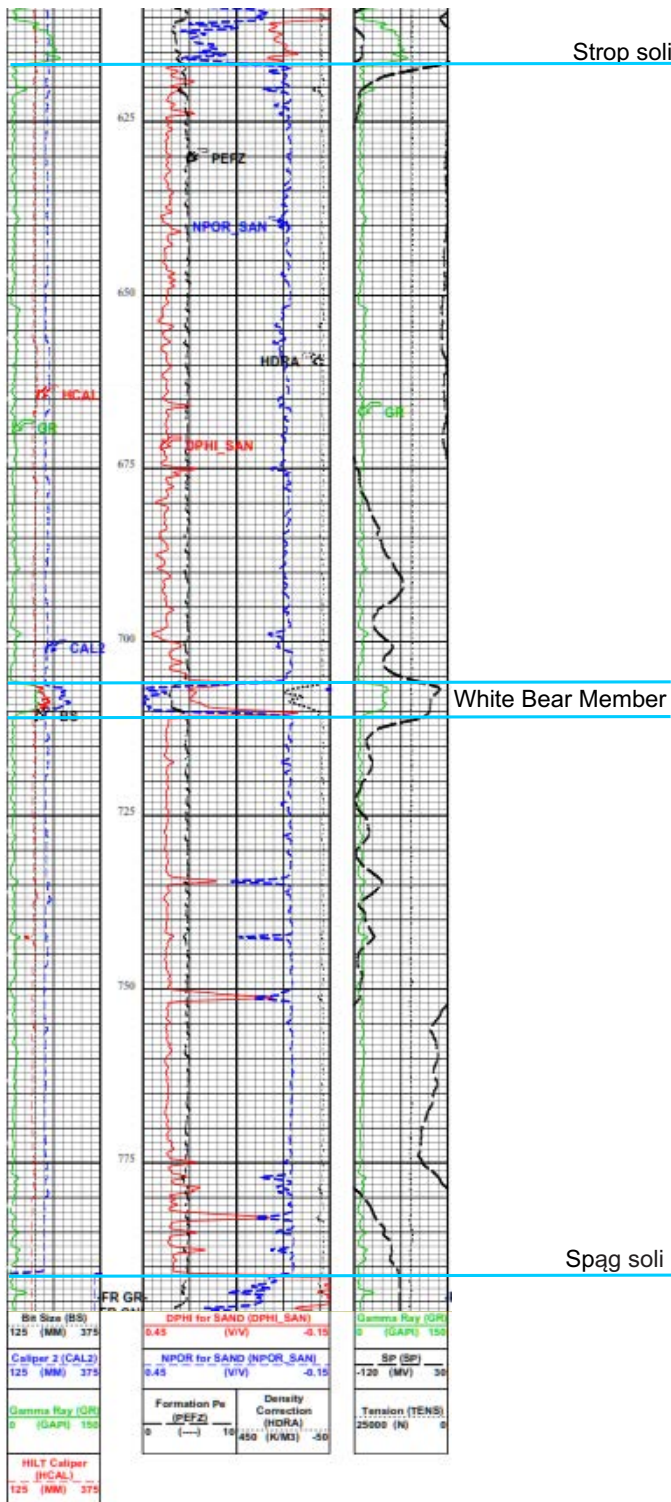
b. Górny Lotsberg

Górny Lotsberg oddzielony jest od dolnego warstwą czerwonego iłu o miąższości od kilku do maksymalnie 67 metrów. Jego maksymalna stwierdzona miąższość wynosi ponad 150 m. Podobnie jak Dolny Lotsberg charakteryzuje się on niezaburzoną budową oraz praktycznie poziomym stropem.

W okolicach Fort Saskatchewan strop Lotsbergu znajduje się na głębokości około 1190 m npm. Tak samo jak w Dolnym Lotsbergu sól wykazuje głębokie zmiany diagenetyczne. Występuje wyłącznie w formie wielokryształicznej i charakteryzuje się praktycznie brakiem jakichkolwiek zanieczyszczeń (Ryc. 3). Największy pojedynczy kryształ widziany przez autora w rdzeniu miał wielkość około 1,5 m.

c. Cold Lake

Sól ta występuje w dwóch oddzielnych rejonach oddzielonych od siebie przez wyniesienie (Ryc. 2).



Ryc. 4. Przykład kompleksowej interpretacji soli kamiennej Prairie Evaporite.

Fig. 4. Example of open whole logs in the Prairie Evaporite salt.

- Część południowa znajduje się we wschodniej części centralnej Alberta ciągnąc się dalej w kierunku wschodnim aż do centralnej części prowincji Saskatchewan.
- Część północna zlokalizowana jest w północnej Albercie, w przeciwieństwie do części południowej rozciąga się w kierunku zachodnim aż do północno-wschodniej Kolumbii Brytyjskiej.

Podobnie jak w Lotsberg, seria solna Cold Lake jest niezaburzona. Zbudowana jest z grubokrystalicznych soli kamiennych. Kryształy charakteryzują się wysokim stopniem czystości, lecz w przeciwieństwie do formacji z Lotsberg pomiędzy kryształami znajdują się nieregularne skupienia czerwono zielonego ilu. Maksymalna stwierdzana miąższość soli w północno-zachodniej Albercie wynosi 60 m, a w północno-wschodniej osiąga prawdopodobnie 80 m (okolice Wood Buffalo National Park).

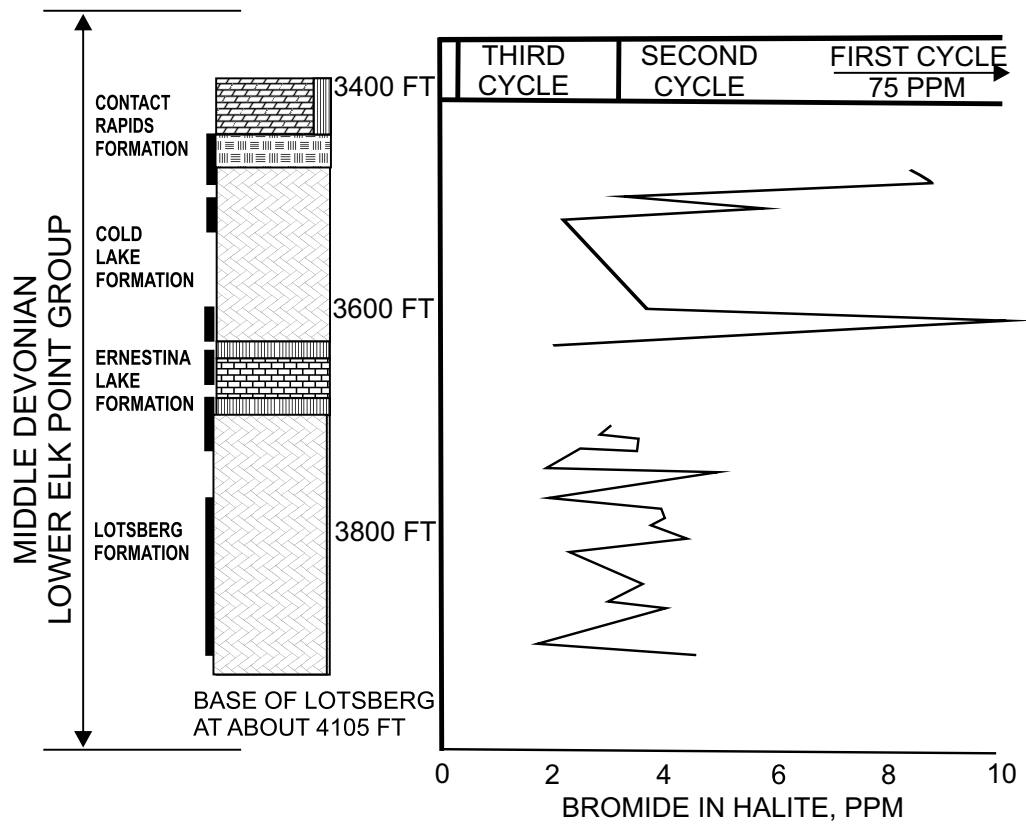
d. Prairie Evaporite

Jest to formacja o najbardziej zróżnicowanej budowie wewnętrznej. Rozciąga się ona od centralnej Alberta w kierunku wschodnim poprzez południowy Saskatchewan, aż do granicy z Manitoba. Opisana jest tylko strefa o zawartości soli kamiennej powyżej 40%. Głębokość zalegania waha się od 200m w północno-wschodniej Albercie, aż do 2300 m w jej części środkowej. W prowincji Saskatchewan głębokość występowania soli wzrasta od 700 m w części centralnej do głębokości 2700 m przy granicy z USA. Różnice w głębokości zalegania nie są jedynie wynikiem obecnego ukształtowania terenu, ale również związane są z miejscowymi wylugowaniami (erozją) soli. Miąższość zaś, w prowincji Alberta, waha się od kilkunastu metrów na południowym zachodzie aż do ponad 300 metrów na północy.

Formacja Prairie Evaporite nieformalnie jest dzielona na dwie części oddzielone od siebie ilowcem (Ryc. 4). Dolna część zbudowana jest z poziomo zalegających warstw soli kamiennej z bardzo licznymi przerostami anhydrytu o miąższości od kilku mm aż do prawie 1 m. Na niej zalega kilkumetrowa warstwa szarego ilowca ograniczona od dołu i góry kilkudziesięciu centymetrową warstwą anhydrytu. W górnej części bezpośrednio pod anhydrytem często występuje warstwa zdolomityzowana charakteryzująca się wysoką twardością. W strefie powyżej, oprócz soli kamiennej występują również sole potasowo-magnezowe. Są one mieszaniną sylwinu i karnalitu. Charakteryzują się ciemno czerwono ceglastą barwą oraz perlowym połyskiem (Ryc. 7). Zawartość soli K-Mg nie jest stała i generalnie rośnie w kierunku wschodnim. W rejonie miejscowości Cold Lake, we wschodniej części centralnej Alberta, niedaleko granicy z Saskatchewan, są to ilości śladowe i mają głównie charakter lokalnych przerostów (Ryc. 7).

PODSUMOWANIE

Złoża soli występujące w Albercie mają coraz większe znaczenie gospodarcze. Pierwotnie były one źródłem solanki dla przemysłu chemicznego, rozwiniętego głównie w okolicach Edmonton. Obecnie zaś, ich znaczenie wzrasta w znaczącym tempie, w wyniku możliwości lokalizacji w nich kavern magazynowych, które to stają się niezbędne podczas procesu wydobycia, przetwarzania oraz przesyłu węglowodorów. Z opisanych powyżej trzech formacji solonośnych



Ryc. 5. Krzywa zawartości bromu w soli kamiennej Lotsberg i Cold Lake (Holser, Wardlaw, Watson, 1972).

Fig. 5. Bromide profile in Lotsberg and Cold Lake salts (Holser, Wardlaw, Watson, 1972).



Ryc. 6. Przykład wielokryształicznej soli kamiennej z formacji Lotsberg.

Fig. 6. Large crystalline Lotsberg salt rock.



Ryc. 7. Przykład soli kamiennej z przerostami soli potasowo magnezowych z formacji Prairie Evaporite.

Fig. 7. Potash salt intergrowth in Prairie Evaporite salt rock.

w obecnej chwili jedynie Prairie Evaporite i Lotsberg posiadają znaczenie gospodarcze. Cold Lake ze względu na małą miąższość, nie jest obecnie wykorzystywany. Specyfika złóż ciężkich węglowodorów w Albercie (piaski roponośne) wymusza odmienne metody ich eksploatacji. Ciężka ropa wydobywana jest poprzez upłynnianie jej za pomocą pary wodnej oraz późniejsze mieszanie jej ze specjalnym rozpuszczalnikiem otrzymanym jako odpad przy osuszaniu mokrego gazu. Skutkiem ubocznym tej technologii jest duża ilość odpadów oraz wymagana bezwzględna ciągłość dostaw rozpuszczalnika. W związku z tym obserwowane jest coraz większe zapotrzebowanie na kawerny magazynowe oraz kawerny na odpady produkcyjne.

Kolejnym coraz większym użytkownikiem kawern są firmy zajmujące się przesyłem i dystrybucją gazu ziemnego. Kawerny są lokowane w pobliżu zakładów zajmujących się oczyszczaniem gazu oraz w newralgicznych miejscach na trasach przesyłowych.

W związku z tym wszystkim złoża soli kamiennych w Albercie zyskują na znaczeniu i stają się coraz ważniejsze dla gospodarki Alberta a co za tym idzie dla całej Kanady.

LITERATURA / REFERENCES

- GLASS D.J., 1997. Lexicon of Canadian Stratigraphy, Volume 4, Western Canada. Canadian Society of Petroleum Geologists.
- GROBE M., 2002. Distribution and Thickness of Salt within the Devonian Elk Point Group, Western Canada Sedimentary Basin. Alberta Energy and Utilities Board.
- HOLSER W.T., WARDLAW N.C., WATSON D.W. 1972. Bromide in salt rocks: extraordinarily low content in the Lower Elk Point salt, Canada. In: Geology of Saline Deposits. G. Richter-Bernburg (ed.). Proceedings, Hanover Symposium 1968 (Earth Sciences 7), UNESCO, Paris, p. 69-73.
- HAMILTON W.N., 1971. Salt in East-central Alberta. Research Council of Alberta, Bulletin 29.
- MEIJER-DRESS N.C., 1994. Geological Atlas of the Western Canada Sedimentary Basin, Chapter 10 Devonian Elk Point Group of the Western Canada Sedimentary Basin.
- TOBOŁA T., 2015. Mineralogical core investigation, well Pembina 22A. Archiwum Pembina Pipeline Corporation.